微型计算机用软磁盘

刘文伯　周希瑾 编著

科学出版社

TP333.2
L76

微型计算机用软磁盘

刘文伯　周希瑾　编著

A0042244

东南电力工业学校
科学图书出版社藏书
1991

Retro Workshop
果粉工作室

内 容 简 介

软磁盘是微型计算机外存储设备用的磁记录介质，用以存储软件和微型计算机用户文件．随着微型机的普及，软磁盘的应用日益广泛．

本书系统地介绍了软磁盘在国内外的发展状况，讨论了软磁盘的结构与性能，作者根据多年来从事软磁盘研究和生产的实践经验，系统地总结了软磁盘的制造工艺、测试方法，并深入讨论了软磁盘容易出现的质量问题．

本书对于从事软磁盘开发、生产和质量测试的科技工作者是一本很有用的著作；对于使用微型计算机和软磁盘的科技人员也很有参考价值．

微型计算机用软磁盘

刘文伯　周希瑾　编著

责任编辑　黄岁新

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

*　*　*

1991 年 10 月第　一　版　开本：850×1168　1/32

1991 年 10 月第一次印刷　印张：10 7/8

印数：平 1—11 500　插页：精 2

精 1—3 500　字数：284 000

ISBN 7-03-002464-8/TP · 183（平）

ISBN 7-03-002465-6/TP · 184（精）

定价：平　装 6.80 元

纸面精装 8.50 元

005544

序

在《微型计算机用软磁盘》这本专集即将付印之际，我们仅向大家谈谈这本书的写作背景。

早在1976年，也就是IBM公司向计算机市场推出8 in（英寸）单面单密度软磁盘四年之后，电子工业部第三十三研究所就开始了软磁盘的研制工作。我们从配制磁浆、涂布开始，到后道加工，用简陋的设备终于在1981年制成了我国第一张国产软磁盘片。此后，进口了涂布设备，开展了系列软磁盘的研制工作，并开发了软磁盘的测试设备。机电部在三十三所建立了全国软磁盘检测中心，并作为国家计算机标准化委员会柔性磁记录介质分委员会的组长单位，负责制定我国的软磁盘标准。

为了使科研工作与生产实践相结合，把科研成果转化为生产力，在党中央改革和开放政策的指引下，三十三所和香港资源电子科技有限公司以及华明计算机公司合作于1987年在深圳建立了合资企业华源磁电有限公司，专门从事软磁盘的生产，三十三所的科技人员负责生产技术和质量控制方面的工作，当年投产并向国外出口。1989年华源磁电有限公司生产了各种规格的软磁盘2000万片，预计1990年会达到接近年产3000万片的设计生产能力。

如果说，起初三十三所的工作着重于软磁盘原理方面的研究，那么，华源磁电有限公司的工作则着重于生产实际。我们在掌握进口自动化、半自动化设备，尽量吸收国外先进技术的同时，把生产过程中存在的工艺技术和质量方面的问题作为重要对象进行研究，然后把研究的成果迅速用于指导生产，这样我们很快地提高了产品的质量。例如，我们找出了5.25 in软磁盘00磁道不能格式化的原因，这是一个困扰许多软磁盘生产厂家的问题。原理清楚之后，工艺上采取措施，从而产品质量得到了保证。这些经验已在

香港资源电子科技有限公司以及国内的一些公司进行了推广.

本书作者之一曾和董承举高级工程师合著《数字磁记录介质》(科学出版社，1987)一书，该书介绍了数字磁记录理论及作者在三十三所进行的工作，因此本书不再在理论上过多论述，而是着重于生产实际，总结三年多在华源磁电有限公司生产软磁盘过程中的技术和质量等方面的工作，所以本书具有研究工作报告专集的性质.

本书共分三个部分：

第一部分(第一章至第四章)：对软磁盘工业在国内、外的发展现状以及软磁盘的发展方向进行系统的介绍；

第二部分(第五章至第七章)：从涂布工艺开始，全面介绍5.25 in 和 3.5 in 软磁盘用的材料和加工工艺.

第三部分(第八章至第十二章)：从介绍软磁盘的国际标准开始，介绍了软磁盘的测试设备、测试方法，并且对5.25 in 软磁盘及3.5 in 软磁盘出现的质量问题做了较深入的分析讨论.

最后，在附录中还介绍了选用软磁盘的方法，使用、维护注意事项等.

目前我国已有二十几家软磁盘生产厂，从事软磁盘生产、开发、质量管理和销售的人员日益增多，微型计算机和软磁盘的用户也日益增加. 我们相信，这本书的出版对从事上述工作的人员是有益的，对我国软磁盘工业也会有促进作用.

本书的出版受到了香港资源电子科技有限公司总经理兼华源磁电有限公司总经理张健强先生，华源磁电有限公司副董事长杨林元副教授，董事张维健先生的大力支持，作者表示深为谢忱. 华源磁电有限公司技术部主任刘善述高级工程师，藏小刚主任等给予作者技术上很多帮助，张秀花同志完成了大量测试工作，王若茗同志协助出版，作者均表以深深的感谢.

本书写作仓促，疏漏之处在所难免，敬希各位读者指正.

刘文伯

1990年6月

目　录

序

第一部分　软磁盘工业的发展趋势

第一章　软磁盘的产生、特点及应用 …… 1
第一节　信息存储的历史回顾 …… 1
第二节　软磁盘的产生 …… 2
第三节　软磁盘的特点 …… 5
第四节　软磁盘的应用 …… 8
第二章　世界软磁盘工业发展趋势与展望 …… 11
第一节　引言 …… 11
第二节　软磁盘随同微型计算机发展而发展 …… 11
第三节　软磁盘向小型、大容量和低价格方向发展 …… 13
第四节　90年代软磁盘发展预测 …… 18
第五节　90年代有前途的新产品——2英寸软磁盘及其应用前景 23
第三章　世界各地区及我国的软磁盘工业 …… 30
第一节　概述 …… 30
第二节　美国的软磁盘工业 …… 31
第三节　日本的软磁盘工业 …… 36
第四节　欧洲的软磁盘工业 …… 41
第五节　亚洲地区软磁盘工业 …… 43
第六节　我国的软磁盘工业 …… 49
第四章　软磁盘的存储容量及提高软磁盘存储容量的途径 … 55
第一节　引言 …… 55
第二节　软磁盘驱动器的工作原理 …… 56
第三节　软磁盘的记录密度 …… 61
第四节　软磁盘的存储容量 …… 64
第五节　提高软磁盘存储容量的途径 …… 67

第六节 结束语…… 75

第二部分 软磁盘的生产工艺

第五章 软磁盘的涂布工艺…… 79
第一节 引言…… 79
第二节 软磁盘盘片及磁浆用原材料…… 81
第三节 磁浆配方及制备…… 85
第四节 涂布机和涂布工艺…… 89
第五节 磁层的压光…… 91
第六节 盘片的冲裁及热处理…… 93
第七节 涂布工艺的质量控制…… 93
第八节 提高软磁盘容量和软磁盘寿命之间的关系…… 94
第九节 结束语…… 99
第六章 5.25 英寸软磁盘…… 101
第一节 引言…… 101
第二节 5.25 英寸软磁盘的结构 …… 101
第三节 软磁盘外套用材料…… 105
第四节 5.25 英寸软磁盘后加工工艺 …… 108
第五节 抛光工艺…… 112
第六节 结束语…… 121
第七章 3.5 英寸软磁盘 …… 122
第一节 引言…… 122
第二节 3.5 英寸软磁盘的结构 …… 122
第三节 3.5 英寸软磁盘与 5.25 英寸软磁盘的比较…… 128
第四节 3.5 英寸软磁盘用的材料 …… 129
第五节 3.5 英寸软磁盘生产工艺 …… 136
第六节 3.5 英寸软磁盘的典型性能数据指标 …… 138
第七节 容量为 4 兆字节的 3.5 英寸软磁盘 …… 139
第八节 结束语 …… 152

第三部分 软磁盘的测试及质量问题的分析

第八章 软磁盘的测试标准…… 155

第一节 引言…… 155
第二节 软磁盘国际标准简介…… 157
第三节 基准软磁盘…… 160
第四节 ISO 标准对软磁盘的要求…… 162
第五节 小结…… 168
第九章 软磁盘的电性能测试…… 169
第一节 引言…… 169
第二节 软磁盘分析仪…… 170
第三节 软磁盘鉴定仪…… 213
第四节 各种电学参数之间的关系…… 220
第五节 结束语…… 226
第十章 利用信号幅度包络线和梯度曲线分析软磁盘的性能 228
第一节 引言…… 228
第二节 信号幅度包络线和梯度曲线的意义…… 229
第三节 软磁盘性质的分析…… 230
第四节 小结…… 240
第十一章 软磁盘产生冒码的原因分析…… 242
第一节 引言…… 242
第二节 软磁盘出现冒码的规律性…… 244
第三节 产生冒码原因的分析…… 248
第四节 关于冒码分析的小结…… 260
第十二章 软磁盘质量保证体系…… 262
第一节 质量保证体系的建立…… 262
第二节 生产过程中的质量控制…… 264
第三节 产品质量分析和废品产生的原因分析…… 268
第四节 结束语…… 270
关于附录的说明…… 271
附录一 软磁盘的分类…… 272
附录二 软磁盘选用注意事项…… 278
附录三 软磁盘使用过程中的故障分析…… 282
附录四 软磁盘存放、运输和使用注意事项…… 290
附录五 未格式化容量为 1.6 兆字节 5.25 英寸高密度软磁盘

的国际标准…… 294
附录六 未格式化容量为4兆字节的3.5英寸软磁盘的ANSI标准(草案)…… 309
英文缩写词、单位中英文对照表…… 337
参考文献…… 338

第一部分　软磁盘工业的发展趋势

Retro Workshop
果粉工作室

第一章　软磁盘的产生、特点及应用

第一节　信息存储的历史回顾

信息是现代化社会文明的重要支柱，信息的收集、整理、存储、分析和传输等已经构成了一门重要的学科——信息学（Informatics）．在各种信息存储中，磁记录是重要的信息存储方式，而软磁盘则是最重要的数字磁记录介质之一．

从广义上讲，信息存储可以追溯到遥远的太古时代．那时我们的祖先是结绳记事的，应该说这是信息存储的开始．一个绳结是一个信息符号，而绳子则是最原始的记录介质．大家知道，人类用大脑记事与计算机内存储器的机理很相似．正常人脑细胞有10^{10}之多，加上联想与推理能力，一个人的大脑可存储10^{13}个信息．但是人们很早就知道单凭脑子记忆是不够的．

随着社会的发展，不仅信息增加，而且需要交流和长期保存，这样就出现了文字．文字是比绳结和图形先进得多的信息符号．在我国，秦始皇统一了中国的文字和度量衡制度，实际上是人类历史上最早进行标准化的开始．但在那个时代，记录文字还只能用竹板、木板或布帛之类的材料，这些记录介质存储信息的容量是很有限的．

东汉蔡伦发明造纸技术使记录文字的介质向轻量化和大密度前进了一大步，对推动人类文明起了极大的作用．

爱迪生发明留声机以及摄影技术的发展使人们能够存储声音和画面．但是对社会影响最大的是1898年丹麦人 Poulson 发明

的磁记录技术，以及随后发展的磁带、软磁盘和硬磁盘。这些磁记录介质正随着录音机、录象机、计算机进入办公室和家庭。磁记录介质可以被看作是现代化的“纸”；而录音机、录象机以及磁盘驱动器上的磁头则是现代化的“笔”。当然，磁头不仅能向磁记录介质上写入信息，而且能够从介质上读出信息。因此，磁头还起到眼睛和耳朵的作用。

在计算机上使用磁记录介质是从本世纪40年代末计算机登上历史舞台开始的。记录介质的变化使信息符号也发生了变化。磁带、磁盘在计算机中记录的数字信号（逻辑0和1）是经过电信号转化为磁信号而记录的。这些磁信号是一个个一边为N极一边为S极的磁性单元。我们把计算机用的磁带、软磁盘和硬磁盘统称为数字磁记录介质（Digital Magnetic Recording Media）。

数字磁记录介质的发展是和计算机的广泛推广应用密切相关的。大量的信息存储在磁带、软磁盘和硬磁盘中，用计算机进行快速处理，使信息的存储、分析处理、传输等有了巨大的飞跃。所以说，信息社会是和计算机、磁记录技术和磁记录介质的迅速发展紧密相关的。

第二节　软磁盘的产生

在40年代末期和50年代初期计算机登上历史舞台不久，人们就从实践中认识到单纯依靠计算机的内存储器不能满足大量数据的存储要求。解决这一问题的途径是建立外存储设备来存储软件和其它待处理或处理完毕的数据。而当时外存储的主要方式是磁记录方式。

人们最早用来作为磁记录介质的是磁带，磁带作为数字式磁记录介质有存储容量大等许多优点。磁带是采用聚酯薄膜带基，涂敷上一层由磁性材料、粘合剂、助剂和溶剂等均匀配制的浆液而制成的。磁带用的原材料很便宜，而且涂布工艺技术在工业上比较成熟，能连续大批量生产，所以成本低。自磁带付之应用之后，

磁记录介质在计算机存储领域内一直稳步发展．但是，磁带作为计算机的外存储有着严重的缺点：它以串行方式进行存取，工作效率低，不能满足计算机快速运算的需要．

针对磁带数据传输率低的缺点，50年代初期美国一些公司发明了磁鼓，磁鼓是一种圆形筒状的磁记录部件，在鼓的表面电镀上一层钴磷（Co-P）磁性层．磁鼓的存取效率高于磁带，但数据存储容量低，体积庞大，使用仍然不够方便．

1956年，美国国际商业机器公司（IBM 公司）发明了硬磁盘，以铝镁合金作为盘基材料，在盘的双面离心甩涂上氧化物磁性层．磁盘高速旋转(通常为3600 r/min)，磁头在盘面上伸缩运动寻找目的磁道，写入或读出数据．硬磁盘的工作方式称为随机存取方式，与磁带存取数据的方式对比，速度要快得多，基本上满足了计算机对外存储器的速度要求，加之硬盘可以由多片组成盘组，存储容量很大．所以，现在所有大、中、小型计算机和高档微型机均配置硬磁盘．

但是硬磁盘也有其弱点：

（1）硬磁盘驱动器采用浮动式磁头机构，其原因在于防止磁头划伤高速旋转的磁盘表面的磁记录层．磁头浮动高度为0.2—0.5 μm 左右，这种机构(通常称温彻斯特（Winchester）技术或简称温盘)在机械上实现是困难的，因此硬盘驱动器较昂贵，大容量硬磁盘驱动器每台几万美元，微型机配用的小型温盘也要几百美元，非一般用户力所能及；

（2）硬磁盘片的盘基加工工艺精密，加之一片片甩涂磁性氧化物层或溅射磁性金属层，因而介质成本昂贵．目前一片5.25in*盘基的价格就是几美元，整个加工好的硬盘就要10—20美元．盘片价格昂贵加大了存储成本；

（3）温盘中盘片和磁头密封在一个盘腔中，不能随意取出，人们称之为固定盘，存储数据后不能单独取出盘片，像磁带和软磁盘

---

* 1 in = 0.0254m = 25.4mm，下同．

一样脱机存放.

由于以上原因,硬磁盘的应用也受到了限制.

在发展了磁带，磁鼓和硬磁盘等数字磁记录介质的基础上，IBM 公司在 60 年代末期开始开发软磁盘，并在 1972 年宣布了 8 in (200 mm) 软磁盘作为数据输入系统用于 3740 工作站上. 在磁记录发展进程中最令人感兴趣的介质要算是软磁盘了. 软磁盘 (Flexible Disk, Floppy Disk 或 Diskette) 是一种进行数字式数据交换的磁性介质，它是一张很薄的具有柔韧性的双面涂有磁层的圆盘,用软磁盘驱动器的磁头在圆盘表面随机存取数据.

软磁盘的材料类似于磁带，驱动器磁头的读写方式与磁带机一样是接触式,这与硬盘的浮动方式不同.

大家知道,在 70 年代初期微型计算机尚未问世，软磁盘作为数据输入系统是代替穿孔纸带的，软磁盘和穿孔纸带相比有容量大,可以反复使用等许多优点,因此它一问世即震动了整个外存储市场.

但是软磁盘的真正迅速发展是从 70 年代中期开始,也就是微型计算机发展之后. 微型计算机需要有能与之相匹配的外存储器,无论是体积庞大的磁带机还是价格昂贵的硬磁盘(当时硬磁盘尺寸均为 14 in) 都不能与体积较小，价格较低的微型机相匹配，而软磁盘作微型计算机的外存储器是再合适不过的了.

继 IBM 的 8 in 软磁盘之后， 1976 年美国 Shugart 公司开发了 5.25 in (130mm)软磁盘,并从单面单密度发展成双面倍密度. 由于 5.25 in 驱动器的重量和体积比 8 in 驱动器小得多,所以许多微型机选择了 5.25 in 软磁盘作为外存储器.特别是 IBM 公司发展的微型计算机 PC、PC-XT 和 PC-AT 都选择了 5.25 in 软磁盘，大大促进了 5.25 in 软磁盘发展,造成了取代 8 in 软磁盘的必然趋势.

80 年代初期，人们预料到微型机将进入家庭，这时将会需要尺寸更小的软磁盘. 在此期间先后出现了几种形式的尺寸在 3—4 in的软磁盘: IBM 公司的4 in软磁盘,索尼公司的 3.5 in(90mm)

软磁盘，Dysan 公司的 3.25 in 软磁盘，日立、松下和万胜等公司的 3.0 in 软磁盘，它们相互竞争，最后于 1984 年国际标准化组织(ISO) 承认 3.5 in 盘为微型软磁盘的标准.

1986 年 IBM 公司宣布在其新发展的 PS/2 型微型计算机上配置 3.5 in 软磁盘，使软磁盘的发展进入了新阶段，决定了 3.5 in 软磁盘将成为主流产品的趋势.

1988年日本东京电子展览会上又推出了用于家用电子照相机的 2 in 录象软磁盘. 用于文字处理机和膝上型微机的 2 in 软磁盘在 80 年代末期也相应得到发展，容量已达到 1 MB(兆字节).

在表 1.1 中，我们把软磁盘的发展历史进行了总结.

表 1.1 软磁盘的发展简史

年代	大 事 记
1972	IBM 发表了 8 in 单面单密度软磁盘
1976	IBM 发表 8 in 双面倍密度软磁盘
1976	Shugart 发表 5.25 in 单面单密度软磁盘
1977	Shugart 发表 5.25 in 双面倍密度软磁盘
1980	索尼宣布 3.5 in 微型软磁盘
1981	日立、日立-万胜、松下宣布 3.0 in 软磁盘
1981	Dysan 推出 3.25 in 软磁盘
1982	东芝推出 3.5 in 垂直磁记录软磁盘
1984	ANSI 鉴定了 3.5 in 软磁盘，ISO，ECMA 和 JIS 选用了 3.5 in 软磁盘为最初工业标准
1986	索尼、松下、佳能推出用于电子照相机上的 2 in 录象软磁盘

第三节 软磁盘的特点

软磁盘在短短的十几年中发展如此迅速，是和它的许多优点分不开的：

(1) 软磁盘成本低，价格便宜 软磁盘的制造吸取了磁带的加工技术，采用平涂工艺，所以能大规模制造，使盘片的价格低廉. 软磁盘的盘基是聚酯薄膜(75 μm 厚)，一片聚酯薄膜的成本

比起精密加工的铝镁合金硬磁盘基片要便宜得多，因此软磁盘的价格比起硬磁盘的价格低得多；

（2）软磁盘驱动器结构简单，价格低　软磁盘驱动器中磁头和介质之间是相互接触的，因而其结构比起浮动式磁头结构的硬盘驱动器要简单得多．正因为如此，软磁盘驱动器的价格也便宜得多．5.25 in 软磁盘驱动器的价格每台 50 美元左右，而 5.25 in 硬磁盘驱动器售价在 200 美元左右；

（3）采用随机存取的工作方式　软磁盘吸取了硬磁盘随机存取工作方式的优点，有较快的数据存取速度，这一点优于磁带；

（4）体积小、重量轻、便于携带　软磁盘驱动器和盘片都具有体积小、重量轻的优点．例如 3.5 in 软磁盘驱动器仅 600 g 重，放在便携式计算机中十分方便．5.25 in 软磁盘片连同外套仅重 10g 左右，而 3.5 in 软磁盘的边长 90 mm，可放在信封内邮寄，也可放在衣服口袋里携带；

（5）良好的互换性并适于脱机存储　不论是哪一个国家或哪一家公司制造软磁盘均按国际标准制造，因此，软磁盘在各类型的微型机上均可使用，这样对于计算机用户来说就十分方便了．软磁盘可以脱机存储，并且在某台计算机上写入的软件或文件可以拿到另一台计算机上使用或进行处理．在这一点上软磁盘优于温式硬磁盘；

（6）数据可以写入，抹除，再写入　软磁盘和其它磁记录介质一样，可以用磁头抹除写入的数据再重新写入新数据．这一方面优于只读式光盘；

（7）使用寿命长　虽然软磁盘介质材料和磁带相近，但软磁盘在工作状态下不像磁带那样反复拉伸运动，所以使用寿命比磁带长；

（8）记录的数据可以长期保存　软磁盘上记录的信息在电源切断后可以长期保存，这一点优于半导体随机存储器件（RAM）．

总之，软磁盘不仅很实用，而且价格便宜．任何一种产品，单有

实用性是不行的. 例如 70 年代初发展的磁泡，虽然也很有实用价值，但是由于成本过高，应用上很受限制，未能普遍采用.

以上所列举的软磁盘的种种优点，只是说明了其所以迅速发展的原因，但并不是说软磁盘可以代替一切其它形式的数字式记录介质.

软磁盘由于存在下列缺点使其应用领域受到限制:

(1) 存储容量较低　目前广泛使用的软磁盘存储容量在 1MB 左右，而硬磁盘容量从几十兆字节至上千兆字节，磁带容量也在上百兆字节. 因此，大容量存储时不能采用软磁盘，而只能用硬盘、磁带或光盘.

(2) 数据传输率低　软磁盘驱动器转速低，8 in 软磁盘驱动器的转速为 360 r/min, 5.25 in 驱动器为 300 r/min. 相当于硬磁盘转速 (3600r/min) 的 1/10 或者 1/12. 所以数据传输率也相应地低了一个数量级(假设位密度一致). 因此，在大、中、小型计算机中联机存储是采用硬磁盘系统.

(3) 靠机械运动存储数据　软磁盘和磁带、硬磁盘一样，依靠记录介质的机械运动来存取数据，驱动器占较大空间，需要精密的机械控制系统及机械部件，系统操作中机械精度和机械运动速度的限制影响了数据传输率的提高和容量的增加. 这一点不如磁泡或半导体集成电路存储器.

从以上分析可以看出，软磁盘、硬磁盘和磁带各有优缺点，彼此相互竞争但各有各的应用领域. 近两年来光盘和集成电路存储器发展起来了. 光盘最大的优点是存储容量大，但光盘单机成本较高，非一般用户所能使用. 在大容量文件档案存储上光盘有可能代替一部分磁带，而在微型计算机的应用上取代软磁盘比较困难. 由于光盘数据传输率较低，取代硬盘就更不容易. 而集成电路存储器没有机械运行部件是它的优点，但其重量大、成本高，发展也受到一定限制.

因此我们认为软磁盘、硬磁盘、磁带三者之间有相互竞争的关系，有技术上相互借鉴的关系，也有相互补充的关系. 这三种关系

好像运输工具中汽车、飞机和火车的关系一样.

例如小型温盘的发展会侵占一部分软磁盘的市场，但是小型温盘又需要软磁盘做后援存储. 硬磁盘在联机存储上侵占了磁带的市场，但大容量磁盘需要磁带作为后援. 因此，在相当一段时间内，三种磁记录介质会同时共存.

第四节　软磁盘的应用

年产量近 30 亿片的软磁盘用在何处？ 这里我们简单地讨论一下这个问题.

大家知道，一台微型计算机系统由主机和外部设备组成. 主机主要由中央处理机 (Center Processing Unit) 和内存储器 (Internal Memory Unit) 组成. 外部设备包括：输入设备——键盘，输出设备——显示器、打印机以及外存储器(见图 1.1).

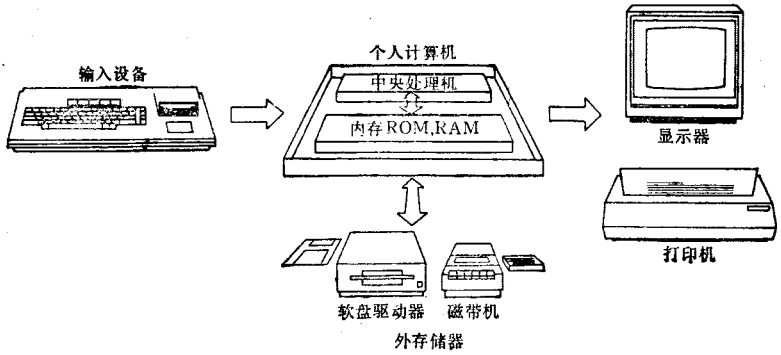


图 1.1　微型机配置图

外存储器的配置随微型计算机的档次而定，但不论档次高低，总要配置一台或两台软磁盘驱动器作为外存储器. 目前全世界微型计算机已装机 1.1 亿台，统计平均每台微型计算机每年消耗 30 片软磁盘，那么全世界软磁盘生产 30 亿片是必需的.

软磁盘在微型计算机上有两个主要方面的应用.

一、存储软件

软件 (Software)，简单地说就是工作程序. 广义说来，任何一个设备，任何一个工作部门，或任何人工作都需要一定的工作程序，这种工作程序都可以称为软件.

计算机的主机和外部设备，只有按照预定的程序进行工作才能完成预定的任务，否则计算机什么任务也实现不了. 通常把计算机的工作程序叫计算机的软件；相对于软件而言，我们把主机和外部设备称为硬件 (Hardware).

计算机依靠系统软件来指挥各个部件协同动作，顺利地执行各项功能. 一部分系统软件通常是存储在软磁盘里，在微型机开始工作时才调入内存储器的.

在微机软件中最重要的，也是最基本的系统软件是磁盘操作系统 DOS (Disk Operating System). DOS 程序存储在软磁盘的 00 磁道和 01 磁道上，02 磁道则存放文件目录.

另一种微机软件是完成特定的，具体的功能而编制的程序，称为应用软件. 例如，绘图、排版的软件，游戏机用软件等都属于应用软件. 随着计算机应用日益广泛，应用软件越来越多. 仅 IBM-PC 机上的应用软件已远远超过一万种.

所有的微机软件都是由软件开发人员编制之后存储在软磁盘上的，所以人们通常说买一份微型机的软件，实际上就是买一份存储有微机工作程序的软磁盘. 因此，软件的开发、存储、复制、销售直至微型机应用都离不开软磁盘. 在有些国家中，有专门的软件复制公司，承接软件开发公司的复制任务，每年要用成千万片的软磁盘.

二、存储信息

软磁盘除了存储软件外，第二个重要应用是微型计算机用户将自己处理的信息结果或文字处理的结果存储在软磁盘上. 随着办公自动化的发展，各企事业单位、学校在办公室应用微型计算

机越来越多．办公室和管理部门的各种报表、文件都可以用微型计算机处理，完成的报表、文件可以存储在软磁盘上，代替原来的纸抄写报表．从这种意义上讲，说软磁盘是现代化的“纸”是一点也不过分的。

例如，我国进行人口普查，一个街道或村庄的人口数据，首先由普查人员填写卡片，然后再把卡片填写的内容存入软磁盘，软磁盘的内容汇集到硬盘里用计算机分析处理，完成全国普查统计的任务．这样，一次人口普查需要上百万张软磁盘。

任何一种产品，只有当它进入家庭时才能达到普及的地步．今天电视机、录音机在我国家庭中已相当普及，在工业发达国家，微型计算机已经或正在家庭中普及，因而软磁盘也像录音带、录象带那样进入了家庭．随着微型计算机和软磁盘价格的降低，随着我国人民生活水平的提高，微型计算机连同软磁盘进入家庭的日子也为期不远了。

第二章　世界软磁盘工业发展趋势与展望

第一节　引　　言

自 1972 年美国 IBM 公司将 8 in 单面单密度软磁盘推向计算机外存储市场至今，已有 18 个年头了。今天的软磁盘工业已是世界年产量达 30 亿片，产值近 20 亿美元的相当庞大的产业，在计算机工业中占有相当重要的地位。

软磁盘工业近 20 年的发展趋势可以归结为如下几点：

（1）软磁盘是随着微型计算机的发展而发展的；

（2）存储容量不断提高；

（3）向微小型化发展；

（4）市场竞争激烈，价格日趋下降。

90 年代，软磁盘仍会继续发展，特别是 3.5 in 和 2 in 微型软磁盘将得到迅速发展。

在这一章里，我们对世界范围内的软磁盘工业的发展情况进行评述，而有关各国家，各地区以及我国软磁盘的发展情况将在下一章介绍。

第二节　软磁盘随同微型计算机发展而发展

70 年代初期，IBM 公司开发的 8 in 软磁盘是用在子程序的输入上，当时这种软磁盘只有 32 条磁道，位密度为 1 600 bpi（位/英寸）。之后，IBM 公司把软磁盘用于 3740 数据输入系统上，从此软磁盘进入了计算机外部设备市场。

软磁盘在代替穿孔纸带输入程序上取得了很大的成功，但是无论是大型计算机还是中、小型计算机，全世界的装机台数毕竟有

限，因此在70年代初世界软磁盘的总需求量是相当少的。

70年代中期，微型计算机问世。当时的某些计算机专家对这种机型并没有给以应有的重视，甚至称之为"玩具"。作为计算机的最大垄断公司——IBM公司，仍忙于大、中型机的生产，对微型机也同样不够重视。所以直到70年代后期为止，是其它计算机公司从事发展微型计算机，并把软磁盘用在微型机上的。

较早的Cromaco微型机配置了8 in软磁盘。1976年Shugart公司发展了单面单密度5.25 in软磁盘，随即被Apple计算机使用。由于Apple微型机的发展，促进了单面单密度5.25 in软磁盘驱动器的发展，这样一来，8 in软磁盘的中心地位发生了动摇。

80年代初期，只从事大、中型计算机生产的IBM公司醒悟过来，看准了有巨大潜力的微型机市场，推出了IBM-PC (Personal Computer) 机。在这种微型机上选用了双面倍密度 (DS-DD) 5.25 in软磁盘。IBM-PC及其兼容机成百万台地进入微型计算机市场，双面倍密度5.25 in驱动器及软磁盘的需求量也急剧增长。

1985年，IBM公司推出了PC-AT型计算机，选用了格式化容量为1.2MB的高密度5.25 in软磁盘，加速了5.25 in软磁盘总产量的增长。从此，5.25 in软磁盘以主流产品的姿态称雄于软磁盘市场，而早期的8 in软磁盘逐渐被排挤到极其次要的地位。

70年代日本在电子工业、精密机械工业以及磁记录工业中获得了迅速的发展，从模仿美国逐渐走向了独立开发的道路。1980年，Sony公司推出了3.5 in软磁盘，相继多种微型软磁盘格式也随之问世(参见第一章表1.1)，经过一番较量之后，1984年3.5 in软磁盘被国际标准化组织 (ISO) 定为工业标准。1986年IBM公司决定在IBM-PS/2 (Personal System-2) 型计算机上选用3.5 in软磁盘驱动器作为外存储器。这样，3.5 in软盘的生产急剧增加。

微型计算机的应用领域在不断扩大，由科学计算到工业控制，从商业管理到办公室自动化，直至走进家庭。微型计算机的产值

在大、中、小型等各种型号计算机中已居主导地位. 1989 年，美国微型计算机的产值已达 263 亿美元，目前全世界微型机装机量已达 1.1 亿台. 在微型计算机的带动下，世界软磁盘的年产量接近 30 亿片，产值近 20 亿美元，已居数字磁记录介质之首.

表 2.1 给出了几种微型机使用的软磁盘种类.

表 2.1 几种主要微型机配置的软磁盘系统

时间	微机种类	配置的软磁盘
1975	Cromaco	8 in 单面单密度软磁盘
1978	Apple	5.25 in 单面单密度软磁盘
1980	IBM-PC	5.25 in 双面倍密度软磁盘
1981	IBM-PC/XT	5.25 in 双面倍密度软磁盘
1985	IBM-PC/AT	5.25 in 高密度软磁盘
1984	Macintosh	3.5 in 软磁盘
1986	IBM PS/2	3.5 in 软磁盘

第三节 软磁盘向小型、大容量和低价格方向发展

如前所述，软磁盘作为微型机的外存储器随微型机的发展而发展，那么不难理解，微型机的发展方向也就决定了软磁盘的发展方向.

微型计算机的发展方向是：不断地提高功能，运算速度，不断微小型化，从而扩大其应用领域，方便使用，降低成本，降低功耗. 正因为如此，它要求内存储器和外存储器的容量都要不断扩大，还要求外存的数据传输率增加，体积变小，重量减轻. 也就是说，软磁盘驱动器和盘片都要不断地提高容量，并且小型化.

近 20 年软磁盘的发展史就是一个不断向大容量和微小型化的发展史. 图 2.1 给出了几种软磁盘的外形尺寸比较.

在表 2.2 中给出了软磁盘向大容量微小型化发展的大事记.

从表 2.2 中可以看出，软磁盘容量不断增加，尺寸越来越小. 1972 年 IBM 33FD 使用的 8 in 软磁盘，位密度为 3 268 bpi，磁道

表 2.2 软磁盘大容量和微小型化大事记

记录方式	软盘尺寸	记录面	编码方式	道密度(tpi)	位密度(bpi)	容量(MB)	发表年代	代表产品公司名称
纵向记录	8 in	单面	FM	48	3 268	0.4	1972	IBM 33 FD
		双面	FM	48	3 408	0.8	1976	IBM 43 FD
		双面	MFM	48	6 816	1.6	1977	IBM Diskette-2D
		双面	MFM	150	10 700	5	1981	Verbatim
		单面		300	24 000	14	1982	Iomega Alpha-10
	5.25 in	单面	FM	48	2 768	0.125	1976	Shugart SA-400
		单面	MFM	48	5 536	0.25	1976	Shugart SA-400
		双面	FM	48	2 938	0.25	1977	Shugart SA-450
		双面	MFM	48	5 876	0.50	1977	Shugart SA-450
		单面	FM	96	2 783	0.25	1977	Shugart SA-410
		单面	MFM	96	5 576	0.50		Shugart SA-410
		双面	MFM	96	5 922	1.0		Shugart SA-460
		双面	MFM	96	10 324			Dysan UHR
						12.76		柯达 硬壳盘
	3.5 in	单面	MFM	135	7 610		1981	索尼 OA-D30V
	3.0 in	单面	MFM	100	8 946		1981	日立、松下、日立-万胜
	3.5 in	双面	MFM	135	13 220			索尼
	2.5 in							Seiko, Epson, 日立-万胜
	2.5 in							三菱电器, 日立-万胜
	QD							
	2 in						1985	索尼, 松下, 佳能
	3.5 in			777	26 000	25	1989	Brier Tech. BR 3020
垂直记录	3.5in	单面	MFM	144	50 000	4	1982	东芝
	5.25in						1983	Vertimag
	5.25 in	双面					1983	松下电器

密度为 48 tpi (道/英寸), 记录容量为 0.4MB. 发展到今日, Brier Technology 公司的 BR3020 3.5 in 软磁盘驱动器采用双层记录 (Twintier) 的方法突破了 2 MB 的记录容量, 达到了 25MB 的存储容量. 介质磁道密度可达 777 tpi, 位密度达 26 000 bpi.

相应的软磁盘驱动器的重量也在不断减小, 8 in, 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘驱动器的重量分别为 7.5 kg, 1.5 kg 和 0.45 kg, 亦即

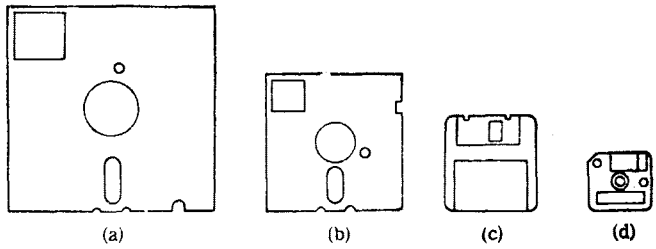
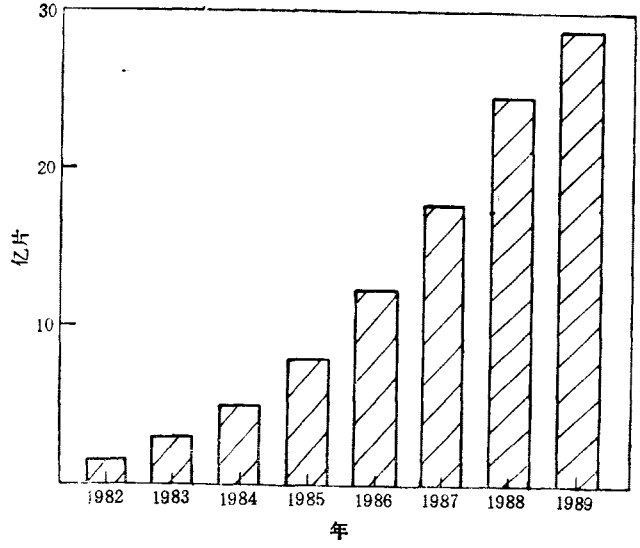


图 2.1 几种软磁盘尺寸比较

(a) 8 in; (b) 5.25 in; (c) 3.5 in; (d) 2 in

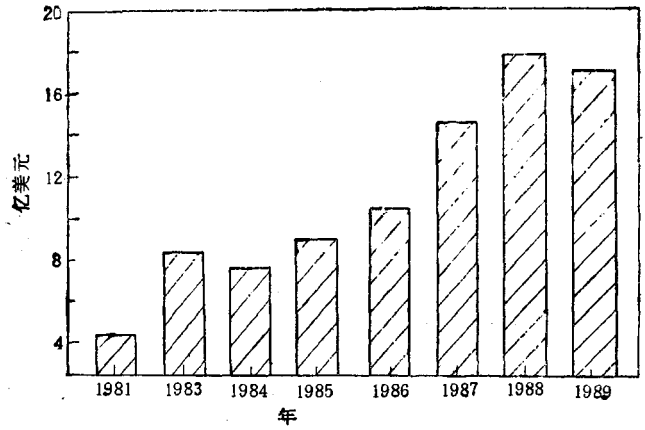
3.5 in 软磁盘驱动器是 8 in 软磁盘驱动器重量的 1/17，而 4 MB 3.5 in 软磁盘是 8 in 单面单密度软磁盘容量的 10 倍。

应该指出，一种记录介质在缩小尺寸的同时又要提高存储容



年份	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
产量（亿片）	1.43	3.00	5.00	8.00	12.50	17.70	24.64	28.70

图 2.2 1982—1989 年世界软磁盘产量统计



年份	1981	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
产值（亿美元）	4.30	8.40	7.70	9.02	10.48	14.58	17.75	17.00

图 2.3　1981—1989 年世界软磁盘产值统计

量是相互矛盾的要求，犹如把纸变小还要多写字是困难的一样，要做到这一点，需要技术上的进步．如何实现这一点将在第四章讨论．

软磁盘从 1972 年投入市场至 80 年代末已成为一个颇具规模的电子产业，产量和产值的增长都是惊人的．

我们在图 2.2 和图 2.3 中分别给出了世界软磁盘产量和产值在 80 年代增长的情况．促进软磁盘产量如此迅速增长的原因有以下几点：

（1）微型计算机的迅速普及和产量的迅速扩大，市场兴旺，使软磁盘需求量增加；

（2）软磁盘的许多优点使其在与磁带、磁泡等外存储器的竞争中领先（见第一章第三节）；

（3）软磁盘生产技术的不断提高，使提高产量成为可能；

（4）除软磁盘的发源地和主要用户市场美国扩产之外，欧洲、

亚洲太平洋地区，如日本、中国(大陆和台湾)、以及南朝鲜、香港地区等地的软磁盘工业相继发展，发展速度很快，大有后来居上之势(见第三章)。

随着软磁盘生产厂家的迅速增加，市场上的竞争角逐日益激烈，这导致了软磁盘价格的下跌。图 2.4 和图 2.5 给出了软磁盘价格逐渐下降的情况。仅以 5.25 in 软磁盘为例，1979 年每片价格在 2 美元左右，今天的售价则跌到 0.2—0.4 美元。 3.5 in 软磁盘从 1988 年至 1989 年价格下降了几乎 50%。

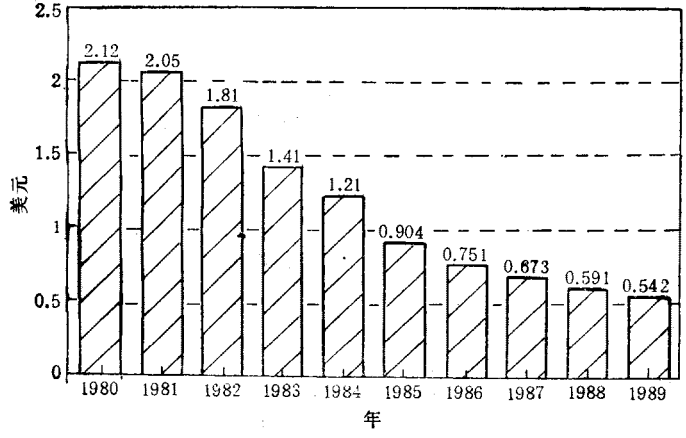


图 2.4 1980—1989 年各种密度 5.25 in 软磁盘平均出厂单价变化统计

软磁盘价格的迅速下降，给微型计算机用户带来了莫大的好处，大大促进了整个社会微型计算机的普及应用，给计算机进入办公室和家庭创造了良好的条件。竞争促进了生产的发展和技术上的进步，这是竞争带来的社会效益。 但是激烈的竞争给生产厂家带来了难题：利润微薄和市场开拓的困难。美国不少当初著名的生产厂家纷纷倒闭，设备拍卖，生产软磁盘的重心因而逐渐向东方转移，亚洲太平洋地区软磁盘工业逐渐兴起。这样，又给计算机工业不发达国家和地区创造了一个发展的机会，我们应当充分利用这样一个机会发展我国的软磁盘工业。

从软磁盘产品的单价变化可以看出竞争造成的价格大幅度降

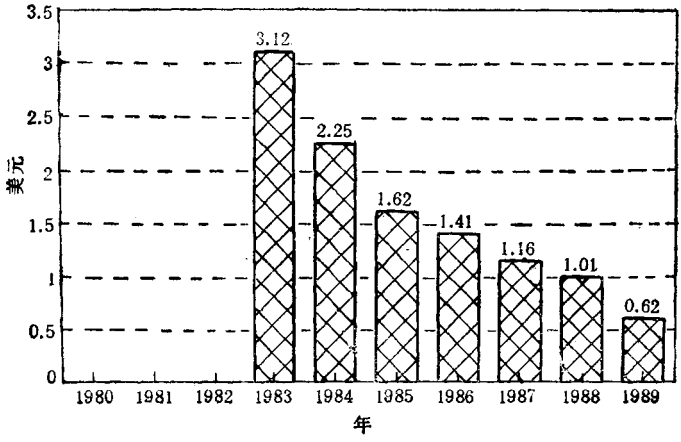


图 2.5 3.5 in 软磁盘平均出厂单价变化统计

低的情况。

第四节 90 年代软磁盘发展预测

从前面软磁盘工业发展趋势的分析，我们可以对今后六七年中世界软磁盘工业发展做以下估计：

(1) 1990 年是 5.25 in 软磁盘产量的最高峰，90 年代初期大于 2MB 的 5.25 in 软磁盘会出现增长趋势，1993 年底 5.25 in 软磁盘总产量会下降 31%，但总产值下降约为 16%，这是因为高密度 5.25 in 盘单价较高，并在此时期产品比例变大。估计到 1993 年 5.25 in 软磁盘的总产值仍不会低于 10 亿美元，占整个软磁盘工业总产值的 31%；

(2) 从 1990 年到 1993 年，3.5in 软磁盘的增长趋于稳定(包括产量和产值)。1991 年 1MB, 2MB 3.5 in 软磁盘平均单价会有大幅度下降，1992 年平均单价会有所回升，1993 年 2MB 3.5 in 软磁盘总产值还不会超过 5.25 in 软磁盘。1992 年和 1993 年是 2MB 3.5 in 软磁盘获利最高的时期，1994 年至 1995 年高于 2 MB 容量的 3.5 in 软磁盘会迅速增长并占据主要地位；

(3) 2 in 软磁盘的发展在 1991 和 1992 年还不会对整个软磁盘工业产生很大的影响，但此后会发展很快。2 in 软磁盘既可用于电子照相机进行模拟视频记录，也可以用于文字处理机和膝上型 PC 机上 (Lap-top PC) 进行数字式记录应用。估计，这种介质在 1993 年年产值会接近 10 亿美元，会对所有低于 2MB 的微型软磁盘产生冲击。90 年代中期，2 in 微型软磁盘会成为软磁盘工业的中心产品。1993 年如果金属薄膜 2 in 录象盘在技术上进一步改进和提高，会成为有吸引力的财源。

下面我们以一组统计数据来说明 1989—1995 年软磁盘工业的发展预测：

表 2.3　1989—1995 年软磁盘产量预测

表 2.4　1989—1995 年软磁盘平均单价预测

表 2.5　1989—1995 年软磁盘产值预测

表 2.3　1989—1995 年软磁盘产量预测

介质种类	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
8 in 全型号	50	35	18	10	3	少量	少量
5.25 in,≤1MB	1 730	1 800	1 550	1 350	1 175	800	400
5.25 in,1.6MB	230	222	200	170	135	100	
5.25 in,>2MB	5	10	33	65	105	165	210
3.5 in,1MB	600	750	700	600	500	300	100
3.5 in,1.6/2.0MB	125	250	400	600	800	650	400
3.5 in,>2MB	8	20	50	100	200	425	700
3.0 in (松下)	1	少量	少量	—	—	—	—
2.6 in QD	10	5	2	—	—	—	—
2.0 in VF	5	25	75	140	300	600	850
2.0 in DVF	1	5	25	100	180	350	600
其它新产品	—	2	5	20	50	80	220
总产量	2 765	2 765	3 058.5	3 255	3 448	3 470	3 480
年增长率(%)	+18.4	+13.0	−2.1	+3.2	+9.3	+0.6	+0.3
比 1988 年增长(%)	+18.4	+33.8	+30.9	+35.1	+47.7	+48.6	+49.0

注：表中数据除百分数外均为百万片，VF 为录象盘，DVF 为数字录象盘。上述规格中容量均为非格式化容量，以下表同。

表 2.4 1989—1995 年软磁盘平均单价预测(单位：美元)

种 类	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
8 in 全型号	1.35	1.40	1.40	1.50	1.60	—	—
5.25 in,≤1MB	0.60	0.60	0.63	0.65	0.68	0.75	0.78
5.25 in,1.6MB	0.95	0.90	0.92	0.97	1.03	1.05	—
5.25 in,>2MB	6.00	4.25	3.00	2.25	1.80	1.40	1.05
3.5 in,1MB	0.75	0.70	0.65	0.70	0.73	0.80	0.90
3.5in,1.6/2MB	1.35	1.05	0.95	0.85	0.80	0.76	0.80
3.5in,>2MB	6.25	4.50	3.25	2.50	1.85	1.45	1.10
3.0 in(松下)	1.65	—	—	—	—	—	—
2.6 in QD	1.65	1.65	1.65	—	—	—	—
2.0 in VF	4.20	4.00	3.00	2.50	2.00	1.60	1.45
2.0 in DVF	4.20	3.60	3.00	2.25	1.80	1.40	1.10
其它	—	6.50	6.00	5.00	4.00	4.00	3.20
平均单价	0.747	0.766	0.855	0.965	1.053	1.169	1.238

表 2.5 1989—1995 年软磁盘产值预测(单位：百万美元)

种 类	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
8 in 全型号	67.5	49.0	25.2	15.0	4.8	—	—
5.25 in,≤1MB	1 038.0	1 080.0	976.5	877.5	799.0	600.0	312.0
5.25 in, 1.6MB	218.5	199.8	184.0	164.9	139.1	105.0	—
5.25 in,>2MB	30.0	42.5	99.0	146.3	189.0	231.0	220.5
3.5 in,1MB, 2MB	450.0	525.0	455.0	420.0	365.0	240.0	90.0
3.5 in, 1.6/2MB	168.8	262.5	380.0	510.0	540.0	494.0	320.0
3.5 in,>2MB	50.0	90.0	162.5	250.0	370.0	616.3	770.0
3.0 in(松下)	1.7	—	—	—	—	—	—
2.6 in QD	16.5	8.3	2.5	—	—	—	—
2.0 in VF	21.0	100.0	225.0	350.0	600.0	960.0	1 232.5
2.0 in DVF	4.2	18.0	75.0	225.0	324.0	490.0	600.0
其它	—	13.0	30.0	100.0	200.0	320.0	704.0
总计	2 066	2 388	2 615	3 059	3 631	4 056	4 309.0
年产值增长(%)	+11.3	+15.6	+9.3	+17.0	+18.7	+11.7	+6.2
与1988年对比增长(%)	+11.3	+28.7	+40.9	+64.8	+95.7	+118.6	+132.2

1989—1995 年几种主要规格的软磁盘的增长趋势及产值、产量预测情况见表 2.6 和表 2.7。

表 2.6　1989—1995 年几种主要规格的软磁盘产值及所占比例统计预测

年份	总收入（百万美元）	5.25 in (%)	3.5 in (%)	2.0 in (%)	其它/新规格 (%)
1989	2 066.2	62.3	32.4	1.2	4.1
1990	2 388.1	55.4	36.8	4.9	2.9
1991	2 614.7	48.1	38.2	11.5	2.2
1992	3 058.7	38.9	38.6	18.7	3.8
1993	3 630.9	31.0	37.9	25.5	5.6
1994	4 056.3	23.1	33.3	35.7	7.9
1995	4 309.0	12.4	27.4	43.9	16.3

表 2.7　1989—1995 年几种主要规格软磁盘产量，产值和平均单价统计预测

	5.25 in		3.5 in		2.0 in		其它/新规格	
	产量	产值	产量	产值	产量	产值	产量	产值
1989	1 956	1 286.5	730	668.8	6	25.2	61	85.7
平均单价		0.655		0.912		4.20		1.40
1990	2 032	1 322.3	1 020	877.5	30	118.0	42	70.3
平均单价		0.651		0.860		3.93		1.67
1991	1 783	1 259.5	1 150	997.5	100	300.0	24.5	57.7
平均单价		0.706		0.867		3.00		2.36
1992	1 585	1 188.7	1 300	1 180	240	575	30	115.0
平均单价		0.750		0.908		2.40		3.83
1993	1 415	1 127.1	1 500	1 375	480	924	53	204.8
平均单价		0.797		0.917		1.93		3.86
1994	1 065	936.0	1 375	1 350.3	950	1 450	80	320.0
平均单价		0.879		0.982		1.53	220	4.00
1995	610	532.5	1 200	1 180	1450	1 892.5		704.0
平均单价		0.873		0.983		1.1		3.20

注：产量单位为百万片；产值单位为百万美元；单价单位为美元.

电力工业 图书馆藏书

图 2.8 和图 2.9 可以更清楚地看出今后五年内软磁盘产值增长情况和产量增长情况.

另外，根据法国 Rhône-Poulènc Systémés 的调查统计，欧洲市场在 1988—1992 年各种主要规格软磁盘的需要量数据见表 2.8.

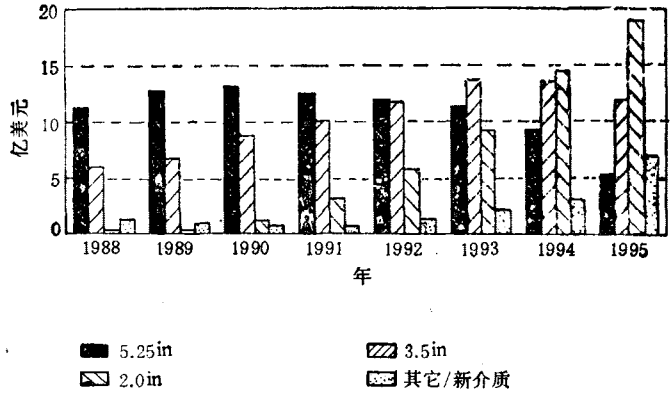


图 2.6　1988—1995 年几种主要规格软磁盘产值预测

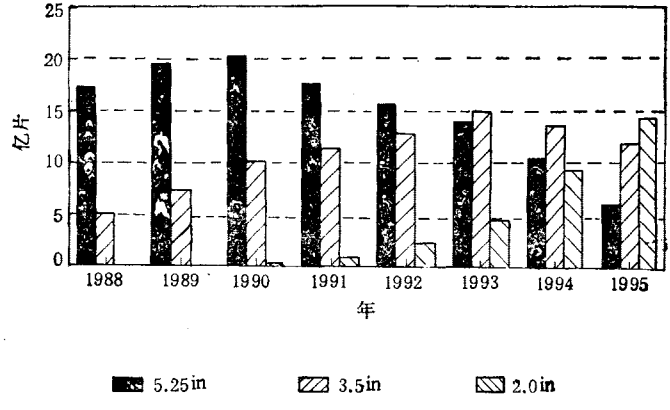


图 2.7　1988—1995 几种主要规格软磁盘产量预测

表 2.9 为 1985—1992 年世界 3.5 in 软磁盘市场调查与预测.

从以上统计预测数据可以看出，1995 年软磁盘工业总产值会是 1988 年的两倍以上，亦即超过 40 亿美元，因此软磁盘是个有前途的产品，其利润的主要来源是高密度微型盘，扩大高密度微型软磁盘的生产比例，是竞争的一种优势.

总之，在 1990—1995 年之间，软磁盘的增长率会趋于平稳，不会像 80 年代那样急剧增加，但是由于基数很大，所以每增长几个

表 2.8　1988—1992 年欧洲市场软磁盘需要量统计预测

（单位：百万片）

	5.25 in		3.5 in		总需求量	年增长率（%）
	≤1MB	1.6MB	1MB	2MB		
1988	233	43	75	10	361	
1989	240	60	108	27	435	+20.5
1990	227	75	140	60	502	+15.4
1991	185	85	140	100	510	+1.6
1992	150	90	140	146	520	+2.0

表 2.9　世界 3.5 in 软磁盘市场调查与预测

年份	太平洋地区（产值/产量）	欧洲（产值/产量）	美国（产值/产量）	全世界（产值/产量）	平均单价（美元）
1985	20.6/20.0	38.8/37.7	75.7/73.5	135.1/131.2	1.03
1986	33.9/36.9	53.7/58.4	128.9/140.1	216.5/235.3	0.92
1987	67.3/78.3	80.0/93.0	230.1/256.0	367.4/437.2	0.86
1988	126/163	131/170	350/454	606/787	0.77
1989	199/290	174/232	514/745	887/1286	0.69
1990	329/531	201/324	722/1 165	1 252/2020	0.62
1991	490/891	232/422	913/1 660	1 635/2973	0.55
1992	657/1 314	268/536	1039/2 080	1 964/3928	0.50

注：产值单位为百万美元；产量单位为百万片。

百分数，就是成亿片的增长。人们之所以喜爱软磁盘，是因为它在存储领域应用中经济耐用。因此，软磁盘的应用还会更加广泛。和其它数据记录介质相比，软磁盘则更有经济竞争力。可以认为，1990 年到 1995 年这 5 年时间会是软磁盘的黄金时代。

第五节　90 年代有前途的新产品——2 英寸软磁盘及其应用前景

1985 年索尼、佳能、松下公司研究开发了专业用电子静态画面照相机，1988 年在日本东京电子展览会上又展出了一种家庭用

的电子照相机．这种极新颖的产品在消费者中出现仅半年的时间就产生了极大的影响．1989年，日本就生产了35 000台照相机，价值3 150万美元．预计到1992年，世界上这一产品的产值可达到4.2亿美元，照相机台数达65万台，1993年会超过150万台．这种照相机使用的记录介质不是普通的感光胶片，而是2 in软磁盘，记录方式是模拟式视频记录．预测到1993年2 in录象软磁盘在电子照相机上的用量会达到4.8亿片．

一、电子静态画面照相机

90年代末出现的电子照相机无论是从外形上还是从功能上完全具备普通照相机的优点．由于照相技术的高度发展，新一代的电子静态画面照相机可以不需调焦，对光，只要按动快门就可以把你所对准的画面清晰地拍摄下来．

电子静态画面照相机还有许多优点是普通照相机和电视摄象机不可比拟的，其优点概括为以下几个方面：

（1）电子照相机记录下的画面，通过放象设备可以立即显示在电视机或监视器的屏幕上，也可以在随身携带的小监视器上显示．图象还可以复制和打印出硬拷贝．电子照相机的呈象方法见图2.8；

（2）记录在2 in软磁盘的图象可以进行分类；还可以转存在大容量的磁盘或光盘中永久保存．每张软磁盘上可以记录50幅画面；

（3）记录介质不怕暴露在光线下，磁盘可以随时随地更换，不需要进行像感光胶片那些化学冲洗过程，拍照下的景物不满意还可以任意抹去重拍；

（4）电子照相机不仅可以拍摄单幅照片，而且由于每秒可拍10—15幅照片，所以可以使动作连续，记录下事件的时间顺序．通常的摄象会出现噪音条纹干扰，而电子照相的图象在电视机上显示，清晰度可达水平500线的分辨率．图象质量达到了S-VHS的质量水平．佳能称之为Q-Pic（快速拍照）；

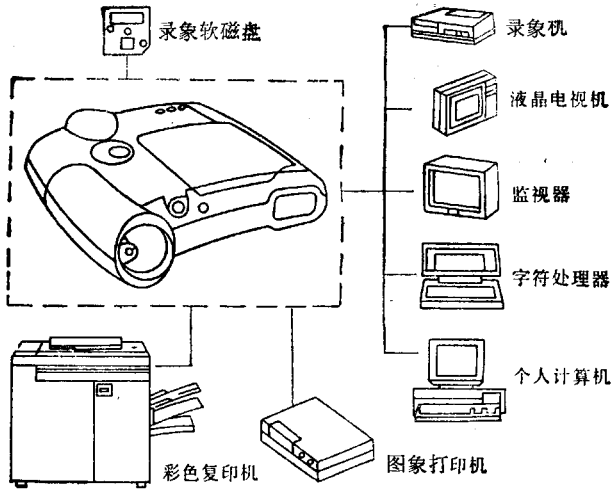


图 2.8　电子照相机呈象方法

(5) 电子照相机比摄象机轻便，在夜间拍照用闪光灯就可以，比摄象方便。最近佳能公司推出的 RC-250 型电子照相机只有 525 克重，同时自身有放象功能，只要将接线连到电视机上就可以直接看到图象，使用更方便了。

这种照相机除了娱乐用途，在工业和商业上也有着非常重要的作用。不久会得到各个领域内的广泛应用。

1989 年 索尼公司的 "Mavica" 电子照相机在美国市场上售价为 800 美元，佳能公司的 "Zap-Shot" 售价为 900 美元，佳能 RC-250 价格为 560 美元。

佳能公司还同时开发了供照相机用的高能量电池，可以拍500张照片，也就是说电池的能量够 10 张 2 in 软磁盘拍照。

从这种新颖的家用电子产品的价格及其应用领域，我们不难看出它具有潜在的巨大市场。下面我们详细介绍它所用的记录介质——2 in 软磁盘。

二、2英寸录象软磁盘

电子照相机用的记录介质是2 in软磁盘，我们也称之为2 in录象软磁盘（Vidio Floppy, VF）。1987年索尼公司提出了软磁盘的规格。这种软磁盘使用的是超细金属磁粉，矫顽力在1 400 Oe* 左右，颗粒尺寸为0.2 μm。用新的粘合剂体系和先进的分散工艺制备出磁浆涂到盘基上可以得到高输出低噪音的信号，记录下的图象色彩明亮、清晰度高，基准频率下输出信号载噪比为1 dB。在高频记录段输出幅度合乎要求。

金属磁粉表面包敷一层几个Å厚的陶瓷层，使其具有耐腐蚀性，陶瓷保护层不影响记录质量，但能增加磁性材料的长期稳定性。

由于采用了先进的磁粉分散技术，磁层多次使用性能不下降。电子照相机用的软磁盘驱动器磁头与介质接触面小，而且驱动器转速为3 600 r/min，比一般的5.25 in和3.5 in驱动器转速高10倍，因此磁层需要使用特殊的粘合剂和润滑剂。这种软磁盘可以在宽温度变化范围内稳定操作，经久耐用，连续工作时间可达500小时以上。由于电子照相机记录的是高频信号，要求磁头与介质接触极其准确，稍有偏差就会降低输出，使图象失真变形。因此，为了保证磁头记录时与介质稳定接触，要求2 in录象盘基片柔韧性好，磁层硬度、表面平整度都要达到较高的要求。

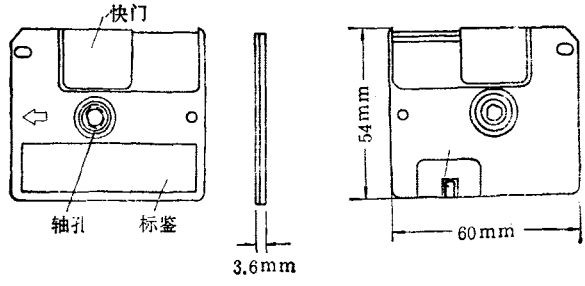


图2.9 2 in录象盘外形图

* 1 Oe≙(1 000/4π)A/m，下同。

表 2.10　2 in 录象盘规格

项目			规格数据
基础数据	磁粉		超细金属磁粉
	矫顽力		1 400Oe
	磁层厚度		3.5 μm
	基片厚度		33 μm
	磁盘记录面		单面
	记录图象数		50 幅
	数据存储容量		1MB(未格式化),819KB(格式化)
	磁道数		50
	磁道间隔		100 μm
	磁道密度		254 tpi
	视频特性	RF 输出 (7MHz)	−20dB 或以上 } 基准盘
		RF 输出 (1.2MHz)	−20dB 或以上 } 基准盘
		C/N 7MHz/6MHz	−20dB 或以上　相对值
	数据特性	最大记录密度	64Kb/in
		数据传输率	14.3Mb/s
		记录长度	4096 字节/扇区
		扇区数	4/道
		记录格式	8/10 编码
	磁盘转速		3 600r/min
尺寸	盘片直径		47 mm
	盘盒尺寸		50 × 60 × 3.6 mm
	重量		8.5 g
环境要求	使用环境		−5—53℃,8—80% 相对湿度
	贮存环境		−5—53℃,8—90% 相对湿度
	运输环境		−40—60℃,8—90% 相对湿度

2 in 录象盘的结构采取了 3.5 in 软磁盘加中心环的设计，保证磁盘操作时中心定位准确，同时还可以减少驱动器轴的磨损．经试验证明，盘片经 5 000 次插入、取出动作后信号抖动小于 0.1ms，这一性能保证了介质画面的清晰度．

图 2.9 为 2 in 录象盘外形尺寸示意图．

图 2.10 为 2 in 录象盘中心环耐用性实验曲线．

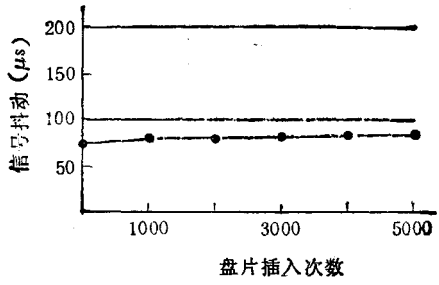


图 2.10　中心环耐用实验

1988 年一共有43家公司将 2in 录象盘的规格进行了统一，其规格见表 2.10.

这种录象软磁盘每条磁道上还可以记录 20s 的声音.

三、2 英寸软磁盘的应用前景

从上面的介绍可以看出：电子照相机比之目前常用的照相机功能要优越得多. 这两种照相机的关系和留声机与录音机的关系很相似，而 2 in 软磁盘和胶卷的关系和磁带与唱片的关系很相似. 大家知道，唱片与胶卷只能一次性使用，不能抹除原来记录的信息重新使用；而磁带和软磁盘则可以反复使用. 磁带已经代替了唱片，那么 2 in 软磁盘代替胶卷是指日可待的. 2 in 软磁盘将随着电子照相机进入家庭，因而其潜力是很大，前景是极为良好的.

2 in 软磁盘在轻便的微型计算机、文字处理机上会得到广泛的应用. 最新上市的膝上型 (Lap-top) PC 机将日益普及. 这将成为 2 in 软磁盘发展的另一个原因.

目前美国海军反潜艇巡逻队、日本海军自卫队已经把电子照相机作为海上监视的新设备. 因为这种设备拍下的信息可以用信号发射系统立即传送回基地，供专家分析判断，制定部署. 无需待巡逻机回到基地，将胶片冲印后再分析. 2 in 软磁盘的用途还在扩大.

目前索尼、日立-万胜、富士胶片、柯尼卡等公司都在制造

2 in 软磁盘。 2 in 软磁盘的产量正在迅速增长。 预计 1990 年 2 in 软磁盘的产值为 1 亿美元，而 1993 和 1994 年产值将分别达到 10 亿和 14 亿美元。 预计到 1995 年 2 in 软磁盘世界年产量将达 14.5 亿片，年产值达 18.4 亿美元。 在 1995 年这种软磁盘在整个软磁盘的比例会从 1989 年的 1.2% 上升到 43.9%，从而超越 3.5 in 软磁盘而成为软磁盘的主流产品。

第三章　世界各地区及我国的软磁盘工业

第一节　概　　述

在前一章我们已经谈到，软磁盘工业已是一个颇具规模的电子产业部门，世界年产量已达 30 亿片．在这里，我们将介绍一些主要地区和国家以及一些著名生产厂家生产软磁盘的情况，并介绍我国软磁盘工业的发展现状．

软磁盘和计算机一样，起源于美国，美国强大的技术实力使其在 70 年代开发了 8 in 和 5.25 in 软磁盘驱动器和软磁盘，并且有许多著名的公司生产上亿片的软磁盘供应本国和全世界使用，这种情况一直延续到 80 年代中期．

但 80 年代中期之后情况却发生了很大变化．日本电子工业的崛起，打破了美国在计算机领域的霸主地位．日本精密机械、电子工业、磁记录介质工业的迅速发展，使其不仅能大量生产 5.25 in 驱动器，成为驱动器的主要供应国，而且在磁带、软磁盘的生产方面也逐步夺取了美国的市场，成了软磁盘的主要生产国．

3.5 in 软磁盘以及后来发展的 2 in 软磁盘不再起源于美国，而是起源于日本．垂直磁记录的理论和技术，是日本东北大学岩崎俊一教授最先倡导的．日本东芝公司在开发垂直磁记录介质，如钡铁氧体磁粉，垂直记录软磁盘方面一直处于领先地位．

亚洲太平洋地区除日本外，南朝鲜、香港地区和我国台湾省在 80 年代中后期都建立了软磁盘驱动器和盘片的生产厂，发展也很迅速．

我国执行改革开放政策以来，给磁记录工业带来了生气，特别是 1984 年以后，我国陆续建立了 20 多家软磁盘生产厂，不仅扭转了软磁盘依赖进口的局面，而且软磁盘产品已成为为数不多的能

大量出口的计算机产品之一。

1988 年世界各不同地区软磁盘生产情况见表 3.1 和表 3.2。

表 3.1　1988 年世界各主要地区软磁盘产量(亿片)

生产地区	3.5 in	5.25 in	8 in	总　计
北美	1.65	10.85	0.22	12.72
欧洲	0.30	2.28	0.26	2.84
日本	3.45	4.10	0.10	7.65
亚洲,其它地区	0.70	1.50	0.08	2.28
总计	6.10	18.73	0.66	25.49

表 3.2　1988 年各地区软磁盘产量占总产量百分统计

地　　区	3.5 in	5.25 in	8 in	百分数(%)
北美	27.05	57.93	33.34	49.91
欧洲	4.92	12.17	39.39	11.41
日本	56.55	21.89	15.15	30.01
亚洲,其它地区	11.48	8.01	12.12	8.94

第二节　美国的软磁盘工业

美国是软磁盘技术的发源地，8 in 和 5.25 in 软磁盘均诞生于美国。所有关于软磁盘的制造技术，包括涂布，后加工设备，测试设备及原材料都可以在美国得到供应。因此，在 70 年代和 80 年代中期，美国在软磁盘的制造技术上和产量上均处于主导地位。

1984 年以前，3M 公司的软磁盘产量在美国及世界均居于第一位。3M 是 Minnesota Mining Manufacturing 的三个字头。这是一家座落于明尼苏达州圣保罗市的化工产品公司，以生产计算机磁带、计测磁带而闻名于世。

后来，随着美国国内和世界范围软盘的激烈竞争，软磁盘生产厂家的名次也在发生变化。1986 年，世界前 20 名厂家中就有 10 名是美国的公司。地处美国西海岸硅谷地区的 Xidex 公司开始兴起，与 3M 公司竞争首位。在 80 年代中期居世界软磁盘厂家前

表 3.3　80 年代中期世界前 20 名软盘厂中的美国公司

名　次	厂　家	产量(百万片)		
		5.25 in	3.5 in	总计
1	Xidex	180	—	180
2	Kodak/Verbatim	140	12	152
4	Memorex	100	12	112
5	3M	100	6	106
8	Nashua	60	—	60
9	Brown Disk	24	—	24
13	Sentinel Tech	24	—	24
13	Polaroid	24	—	24
14	Syncom	24	—	24
16	Wabash Datatech	18	—	18

表 3.4　1987 年北美软磁盘产量统计

品　种	世界产量(百万片)	北美产量(百万片)	百分比(%)
8 in 全型号	78	35	44.9
5.25 in,≤1MB	1 272	780	61.3
5.25 in, 1.6MB	165	86	52.1
5.25 in,>2MB	少量	—	—
3.5 in, 1MB	240	52	21.7
3.5in, 1.6/2MB	11.3	—	
3.5 in,>2MB	0.2	—	
3 in	7.5	—	
2 in VF	0.5	—	
QD	17.5	—	

20 名的美国公司见表 3.3.

1985 年，美国软磁盘生产占世界软磁盘生产的 49%，而当时日本只占 20%。 1987 年，美国 5.25 in 软磁盘的产量仍占世界产量的 50% 以上，1987 年北美软磁盘生产统计见表 3.4.

到了 1987 年，世界五个最大的 5.25 in 软磁盘制造商中只有两个美国公司，它们是 3M 和 Xidex.

表 3.5 列出了 1988 年世界软磁盘产量、产值及增长情况并与

表 3.5　1988 年世界软磁盘产量、产值和平均单价统计及美国市场需求量统计

品　种	世界产量				美国市场需求			
	数量（百万片）	单价（美元）	产值（百万美元）	年增长（%）	数量（百万片）	单价（美元）	产值（百万美元）	年增长（%）
8 in 全型号	68.4	1.35	92.34	−16.1	22.0	1.10	24.20	−24.8
5.25 in,≤1MB	1516.0	0.60	909.60	+15.3	840.0	0.50	20.00	+24.6
5.25in, 1.6MB	210.0	0.96	201.60	+27.3	108.0	0.80	86.4	+27.1
5.25in,>2MB	2.0	6.50	13.00	—	少量	—	—	—
3.5in, 1MB	437.0	0.95	415.15	+41.3	320.0	0.83	265.60	+60.4
3.5in,1.6/2MB	79.0	2.05	161.95	—	48.5	1.80	87.30	—
3.5in,>2MB	2.0	6.75	13.50	—	—	—	—	—
QD	14.0	1.65	23.10	+18.7	—	—	—	—
3.0 in	2.4	1.67	4.00	—	—	—	—	—
2.0 in（录像盘）	4.5	4.80	21.60	—	—	—	—	—
总计	2335.3	0.795	1855.84	+30.69	1338.5	0.66	838.50	+42.96

美国市场需求量进行了对比。

1988 年，世界软磁盘制造商中的强者仍有三个美国公司：Xidex，Verbatim 和 3M。

从 1985 年到 1988 年，5.25 in 软磁盘的生产地主要仍在美国，但日本的日立-万胜和索尼公司 3.5 in 微型软磁盘的生产开始对美国厂家的市场产生冲击。

下面我们简单介绍一下 Xidex 公司的情况：

从 1981 年 Xidex 公司成立起就以极快的速度提高产量，至 1988 年 12 月 9 日，该公司累计产量已突破 10 亿片的大关。Xidex 公司主要生产 5.25 in 软磁盘。它除了以 Xidex 牌号生产软磁盘外，还接受大量的 OEM（Original Equipment Manufacturer）加工，并向其它软磁盘厂提供涂布宽带和冲裁好的盘片（cookies）。

Xidex 公司虽然产量居于榜首，曾一度成为世界最大的软磁盘生产厂，但管理不善，产品质量不佳，加上它采取的混乱的销售政策，大幅度降低产品价格，迫使软盘价格迅速下跌上起了不小的

作用，同时它的低档产品不断冲击着软磁盘市场。

1984 年，Xidex 公司收买了 Dysan 公司，加强了管理的实力。Xidex 提高产量的方法之一是采用全自动磁盘组装机（ADAM），以及扩大涂布生产线的能力，将 5.25 in 软磁盘的月生产能力提高到 2 500 万片。

3.5 in 软磁盘的发展前景促使 Xidex 公司向生产 3.5 in 产品转向，增加了两条 GIMA 全自动 3.5 in 软磁盘生产线，但自始至终未能成为这一领域的主要成员。

巨大的产量虽然一度给 Xidex 公司带来了不少利润，但因其

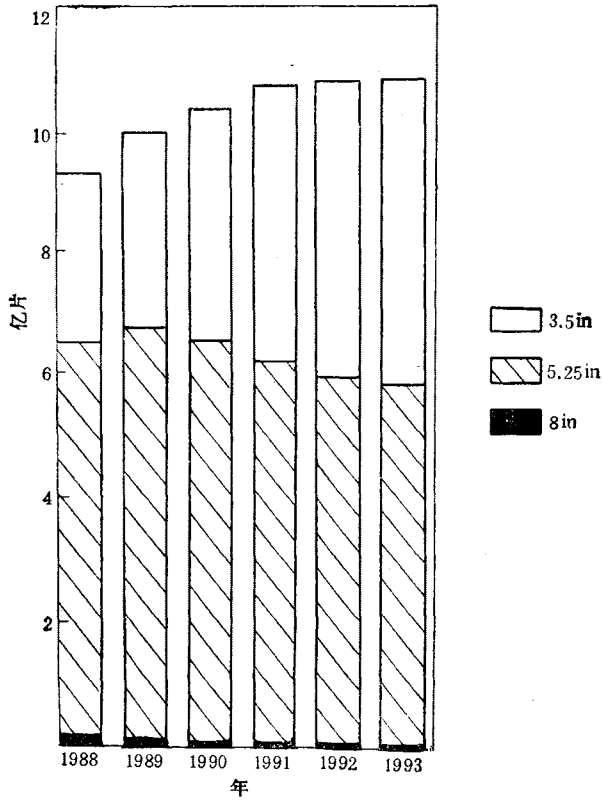


图 3.1　1988—1993 年美国软磁盘市场预测

产品质量不佳未能创出名牌，加上大量退货，致使在与强大的对手竞争中失利而亏损。据悉，1989 年底 Xidex 已被 Anacom 公司收买，除涂布线仍在生产外，全部 5.25 in 生产设备已经向东南亚抛售，香港 Hanny 公司收购了它的设备并在珠海建线生产。

值得注意的是，由于美国是微型计算机最普及的国家，所以美国从软磁盘诞生直到今日一直是软磁盘的最大市场，每年需求量不断增加。这一市场对整个软磁盘工业的发展有着极其重要的影响。

1988—1993 年美国软磁盘市场增长预测统计见图 3.1。

美国是计算机应用最广泛的国家，也是软磁盘消耗量最大的国家。IBM PS/2 上市之后，3.5 in 软磁盘销售量急剧上升，但美国的 3.5in 软磁盘的生产却远远落后于日本，所以日本的厂家向美国大量出口 3.5 in 软磁盘赚取巨额利润。为了保护美国自己的软磁盘工业，美国国际贸易委员会在 1989 年通过了反倾销法，规定美国进口的软磁盘关税为 42.95%，设法制止日本 3.5 in 软磁盘大量拥入美国市场。针对美国的这一政策，善于钻营的日本公司也改变了策略，由向美国倾销改为在美国国土上建厂生产。例如，

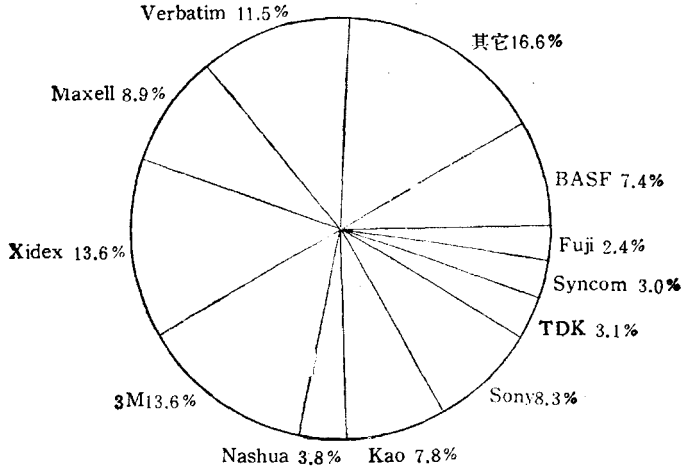


图 3.2　1988 年各大公司在美国市场上销售软磁盘的比例

在 1988 年和 1989 年期间，日本富士和 BASF 合资组建了 B&F Microdisks 在美国生产 3.5 in 软磁盘，月产 700 万片。索尼公司在美国的软盘厂月产 600 万片 3.5 in 软磁盘。日立-万胜公司也在美国建厂生产 3.5 in 软磁盘。靠这种方法，日本试图维持其软盘销量占总销量 60% 的地位。

很有可能美国软磁盘的产量仍占工业的主导地位，但原来那些居于榜首的大公司已不是美国的资本，它们逊位于日本在美国的企业。

1988 年，美国市场上销售的软磁盘，各公司所占的比例统计见图 3.2。

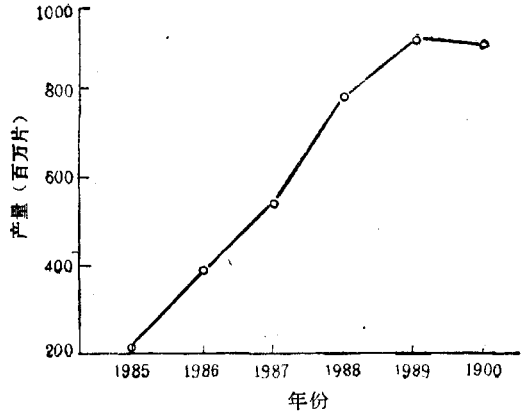
第三节　日本的软磁盘工业

1980 年，日本索尼公司开发了 3.5 in 微型软磁盘之后，日本人对微型软磁盘的兴趣轰然而起。他们对技术已经成熟，而利润却很小的 5.25 in 软磁盘并没有兴趣。它们的注意力集中在技术先进，设备投资昂贵的微型软磁盘上。

1984 年，Sony 公司的 3.5 in 软磁盘驱动器被 ANSI(American National Standards Institute, 美国国家标准协会)接受为标准后，随之 ISO (International Standards Organization, 国际标准化组织) 采用索尼的 3.5 in 软磁盘为其标准，在这很短的时期内，日本的主要磁介质制造商都开始大规模建立 3.5 in 软磁盘生产线，致使 1985 年底仅一年的时间内，日本 3.5 in 软磁盘的月生产能力就从 1985 年初的 800 万片增加到 2 300 万片，月产值从 720 万美元增加到 1 980 万美元，产量、产值增加近 3 倍。

美国是软磁盘的发源地，而 80 年代开始随着日本技术和生产的发展，软磁盘工业及软磁盘技术都出现东移的趋势。日本成了世界软磁盘工业的主要成员。

日本 1985—1990 年软磁盘生产调查及预测数据见图 3.3 和表 3.6



年　份	1985	1986	1987	1988	1989	1990
产量(百万片)	210	380	535	774	910	900

图 3.3　1985—1990 年日本软磁盘产量统计及预测

表 3.6　1985—1990 年日本软磁盘产值及平均单价统计预测

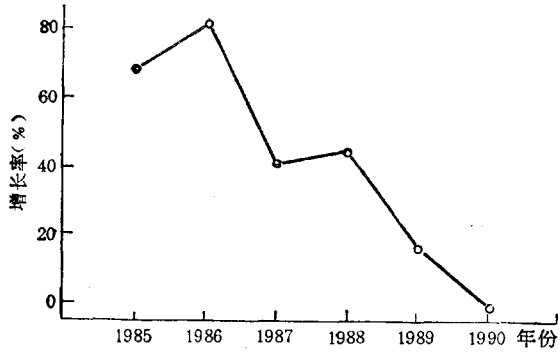
年　份	1985	1986	1987	1988	1989	1990
产值（百万美元）	242.68	334.48	349.53	447.22	476.67	437.14
平均单价（美元）	1.14	0.90	0.65	0.58	0.52	0.49

日本之所以能如此迅速地扩大 3.5 in 软磁盘产量是由于具备以下几方面的优势：

（1）日本有强有力的精密机械加工和电子工业基础，可以自行制造精密的涂布机、压光机、注塑机和模具，以及各种软磁盘生产用的设备；

（2）磁头、驱动器制造工业的发展，使其迅速发展软磁盘测试设备；

（3）磁粉、录音带、录象带等磁记录介质的生产基础和技术优势，加上聚酯薄膜加工技术的领先地位，使其稍一转化即可大量生产软磁盘。例如：日本帝人是著名的聚酯薄膜制造商。TDK，



年　份	1985	1986	1987	1988	1989	1990
增长率(%)	68	81	40.8	44.7	17.6	−1.1

图 3.4　1985—1990 年日本国内产量增长情况

索尼和日立-万胜最初都是大的磁带制造商，现已是知名的软磁盘制造商。

据统计，1988 年日本软磁盘产量中大部分是在日本国内生产的。而由于日元升值及软磁盘市场主要在美国，而美国又对日本生产的软磁盘加以限制，因此，1989 年日本各大软磁盘制造商都相应将海外工厂投入生产，生产向用户市场转移。1989 年，日本国内软磁盘产量增长率降低到 17.6%，预计 1990 年还会下降，其统计预测数据见图 3.4。

索尼，JVC 公司在国外建立了介质涂布线，日立-万胜，TDK，松下-Kasei，富士胶片等公司也纷纷在美国和欧洲建厂。我们从表 3.7 可以看出日本软磁盘生产厂家的这一动向，并对日本厂家主要生产的软磁盘品种有一全面的了解。

自 IBM 公司推出 PS/2 采用了 3.5 in 软磁盘驱动器至今，日本微型软磁盘产量一直急骤上涨，目前没有一个国家的微型软磁盘产量能超过日本。1988 年底，日本软磁盘月产量已超过 7000 万片。

表 3.7　日本软磁盘生产厂家及产品品种调查统计

厂　家	厂　址	主要品种			
		8 in	5.25in	3.5 in	2in(VF)
富士胶片	小田原	✓	✓	✓	✓
	Bedford MA. 美国			✓	
富士通-化成	横滨		✓	✓	
日立-万胜	京都				✓
	筑波	✓	✓	✓	
	Conyers GA 美国		✓		
	San Diego CA 美国		✓	✓	
	福知山			✓	2.5in
	Telford 英国		✓	✓	
花王	栃木		✓	✓	
	Arnprior 加拿大		✓	✓	
	Plymouth MA 美国		✓	✓	
	Barcelona 西班牙			✓(1990年投产)	
Kasei-Verbatim	小田原	✓	✓	✓	
柯尼卡	甲府		✓	✓	
松下电器-三洋	津山			✓	3in
Memorex-Copal	桑折山			✓	
三菱-Memorex	Chesapeak 美国			✓	
日本哥伦比亚	真冈	✓	✓	✓	
JVC	水户				
	Tuscaloosa 美国		✓	✓	
Nippon Wavelock	东京	✓	✓		
索尼	川内		✓	✓	
	Dothan Al 美国		✓	✓	
	Nuevo Laredo 墨西哥		✓	✓	
	曼谷 泰国			✓(1990年投产)	
TDK	佐久	✓	✓	✓	
	Irvine CA 美国		✓	✓	
			✓	✓	
Teijin Memori-Media	三原		✓	✓	
Tokin Ltd	筑波			✓	
东芝	川崎			✓	
Ube Kosan	宇部			✓	

索尼公司是微型 3.5 in 软磁盘的创始者，今日仍是世界上最大的微型软磁盘的制造商，面对它的是全世界的竞争对手，为了保持它的领先地位，必须不断增强实力．目前，索尼公司的 3.5 in 软磁盘占据世界市场的 20%，而在美国市场上索尼 3.5 in 软磁盘享有更高的比例．

据 1988 年软磁盘生产的实际统计，日本 5.25 in 软磁盘产量为 4.19 亿片，占世界总产量的 23.3%，3.5 in 软磁盘产量为 3.55 亿片，占世界总产量的 64.2%．1988 年日本软磁盘产量年增长率为 44%，产值的年增长率为 30%．

日本软磁盘制造商在竞争中的策略是：丢开处于激烈竞争的一般记录容量的品种，把生产目标放在高技术的高密度软磁盘上，因为只有这部分产品才能赢得较大利润．

例如，日本东芝公司一直致力于 4MB 钡铁氧体垂直记录软磁盘的研究与开发，继续争取成为工业标准．与此同时，最近东芝公司又推出用于 PD-401 驱动器上的 3.5 in 钡铁氧体软磁盘，其记录容量达 16MB，这一容量可以超过低容量温盘的水平．

日本 Y. E. Data 公司开发的金属磁粉 3.5 in 软磁盘容量可达 27.8 MB，满足了工业上采用的最小的温盘后援所需的 20MB 的容量，而且金属磁粉比钡铁氧体磁粉价格便宜得多，具有性能/价格比高的优势．而且目前金属磁粉录音带、录象带应用的开发已为金属磁粉的分散、制浆、涂布工艺打下了技术基础，工业上可行性会更大一些．

三菱-Kasei 公司开发了钡铁氧体和金属磁粉做的微型软磁盘，记录容量达 20MB．柯达和三菱-Kasei 合资的 Kasei-Verbatim 公司开发的 M-24 型 5.25 in 硬外套软磁盘，记录容量为 24MB，每面有 506 条磁道，这种软磁盘可以直接做硬磁盘驱动器的后援．目前这种盘已进入美国市场．

从日本软磁盘的发展方向，人们得到的启示是：日本热衷于新一代高性能、高容量的微型软磁盘产品的开发与生产，他们抛开了低利润、低技术的普通产品的竞争，以便发挥自己的高技术优

势。

另外，日本在新一代产品的开发中十分注重工业标准的建立。因为只有建立为工业标准，产品才能为人们所接受，才有可能实现工业化和商品化。

第四节　欧洲的软磁盘工业

欧洲的软磁盘市场仅为美国软磁盘市场的 1/6。欧洲最大的软磁盘制造商是德国的 BASF，这个具有 50 多年生产磁记录介质历史的公司不仅在欧洲有名，而且在世界软磁盘生产领域内居前五名之列。

近两年来，欧洲 PC 机市场开始扩大，1989 年欧洲 PC 机市场增长率为 40—50%，因此，相应软磁盘的需要量也随之增加。欧洲的软磁盘制造商比起美国和日本来说是少得多，因此竞争也稍缓和一些，但微型软磁盘的市场已经开始拥挤。

在欧洲的软磁盘制造厂除了众所周知的 BASF 外，还有：Verbatim Ireland, 3M di Italia, Rhône-Poulènce Systémés, Doebbelin-Boeder, Sentinel Belgium, Maxell Telford, Balteadisc 和一些较小的欧洲人自己的公司。从上述公司的名称上我们不难看出它们的主人是那个公司。下面我们介绍几个欧洲的软磁盘制造商和测试设备供应商。

1. Rhône-Poulènce Systémés 公司

这个公司是法国的公司，在世界软磁盘厂家中有一定的知名度。Rhône-Poulènce Systémés 在巴黎附近有一个介质涂布厂，生产涂布宽带和盘芯，在南部 Albi 加工组装 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘。其产品 20—25% 在国内销售，14% 分布在欧洲市场。1988 年该公司生产了 4 000 万片软磁盘，产值为 3 300 万美元。1989 年产值约为 6 500 万美元。这个公司在欧洲磁介质工业领域是相当有名的。

1988 年，该公司第一条 3.5 in 软磁盘生产线投入生产，称之为 HIPAL-1（高产量自动化生产线），月产达 100 万片以上，设备投资为 610 万美元，1989 年 6 月第二条生产线投入生产。

追溯 Rhônel-Poulènce 的历史，大家会更清楚地知晓该公司的技术实力。在 Dysan 没并入 Xidex 之前在 Albi 有一个 Dypy 软磁盘生产厂，这就是 80 年代初期大家熟悉的 Dysan/Pyral，那时由于 Dysan 技术的支持，该厂是相当有实力的，这就是该公司的前身。

2. Balteadisc 公司

该公司位于意大利北部的奥斯塔山谷，软磁盘厂叫 Olivertti 1988 年软磁盘产量为 1 900 万片，其中 1 400 万片是 5.25 in 软磁盘，500 万片 3.5 in 软磁盘。产品中有 60% 供自己使用，15% 以 Di sprondisk 的牌号销售，25% 的产量是 OEM 加工。1989 年该公司产量有所增加，计划产量是 3.5 in 700 万片，5.25 in 1 400 万片。

3. Computer Support Italy Srl. 公司

该公司位于意大利 Verderio。介质来源为法国的 Rhône-Poulènce Systémés 和日本。目前月产量为 30 万片，设备为现代化自动生产线。

此外，我们在这里还向大家介绍两家欧洲人软磁盘测试设备的制造厂家：

4. Media Service International (MSI) 公司

这是一家法国公司，专门生产磁记录介质的检测设备，1989 年，MSI 推出了 MSI-600 软磁盘耐磨测试仪，这种测试设备除了能检测软磁盘的电学参数外，还可以检测软磁盘的耐磨损特性，可以外加一台特殊的机械装置，将被测磁盘反复插入、取出驱动器，检查 3.5 in 软磁盘快门的可靠性和金属环耐磨损程度及 00 磁

道磁头加载应力等.

5. Applied Micro Electronics 有限公司

这个公司是爱尔兰公司，它生产适用于空白软磁盘制造商和软件复制商的软磁盘测试仪. AME 1000/AME 1100 为软件盘测试仪，AME/2100 是检测 8 in, 5.25 in, 3.5 in 和 3.0 in 四个品种空白软磁盘的检测仪.

这两家公司是软磁盘测试设备生产厂家中的新秀.

第五节 亚洲地区软磁盘工业

亚洲的日本是 3.5 in 软磁盘的发源地，又是目前 3.5 in 软磁盘的生产中心，在技术上和生产中都居领先地位.

亚洲的其它地区，特别是东南亚地区，如香港地区、我国大陆和台湾省劳动力价格低，劳动场所费用低，具备降低生产成本的优势，因此近几年来，世界上一些大的软磁盘制造商的生产动向是向两个方向转移. 一是生产向应用市场转移，这反映在日本软磁盘制造商在西欧和美国建厂生产软磁盘. 二是向低生产成本地区转移，这体现在近两年来东南亚地区出现了众多的软磁盘加工组装生产线.

从 1984 年开始，亚洲地区的软磁盘工业蓬勃发展. 1985 年到 1987 年是软磁盘生产竞争最激烈的时期，不少过去曾一度强大的软磁盘制造商都退出了这一阵线. 据统计，1988 年软磁盘制造商共有 53 个，而此时也正是亚洲，特别是东南亚软磁盘制造业兴起的时期，这使得世界软磁盘行业变得十分拥挤.

目前亚洲的软磁盘生产随着总趋势的变化正处于扩大 3.5 in 软磁盘的生产，逐步取代 5.25 in 软磁盘的阶段.

日本的情况我们已经在第三节中进行了介绍，我国的软磁盘工业我们将在第六节中单独介绍，这里我们介绍一下南朝鲜、我国台湾省和香港地区软磁盘生产的情况.

一、南朝鲜

由于南朝鲜当局推行在学校和办公机关使用计算机的技术政策，促使南朝鲜的软磁盘生产迅速发展，产量猛增造成过量的情况，从而导致价格下跌。

南朝鲜最早开始生产软磁盘的公司是 SKC，Gold Star 和 Samwoo 电子有限公司。它们分别是在 1986 年和 1987 年开始生产软磁盘的。这几家公司在生产初期都只是技术的效仿者，尾随日本公司生产软磁盘，但很快地他们掌握了这一技术，并开始扩展自己的市场。南朝鲜的软磁盘质量一般，在世界范围内的销售力量也还比较薄弱，因此，南朝鲜软磁盘生产厂家的知名度也稍差一些。

SKC 公司从 1982 年开始就生产并出口 5.25 in 软磁盘。1984 年开始开发 3.5 in 软磁盘，1986 年形成生产能力，到 1989 年 3.5 in 软磁盘的生产能力达到 350 万片/月。同时 SKC 公司还开发自己的高密度 3.5 in 软磁盘，产品出口到南美、非洲、日本和欧洲。

表 3.8　南朝鲜软磁盘厂家调查

厂家	SKC	Gold Star	Samwoo
成立日期(年)	1976	1958	1986
投资(美元)	5300 万	2150 万	170 万
销售额(美元)	35 亿	43.4 亿	250 万
月产(片)	350 万	5 万	1 万
规格	MF-2DD MF-1DD MF-2HD	MF-1DD MF-2DD MF-2HD	MF-1DD MF-2DD MF-2HD
容量	1MB 500KB 2MB	500KB 1MB 2MB	500KB 1MB 1.6MB
道密度(tpi)	135 135 135	135 135 135	135 135 135
位密度(bpi)	8 720 8 190 17 434	8 190 8 720 17 434	13 947 8 700 8 190

Glod Star 公司建于 1958 年，是南朝鲜的大电子公司之一，1987 年生产软磁盘，目前 3.5 in 软磁盘产量为 50 万片。其 3.5 in 软磁盘外套是自己注塑，而盘芯和其它零部件均为进口，该公司计划在 1990 年压缩进口材料比例以降低成本。

Samwoo 电子有限公司是专门生产软磁盘的公司，其注册资金为 170 万美元，1988 年资金周转额为 250 万美元，1988 年利润为 30 万美元。Samwoo 生产 3.5 in 和 5.25 in 两种软磁盘，5.25 in 盘 80% 出口，3.5 in 盘 20% 出口。

南朝鲜三个主要软磁盘厂家情况见表 3.8。

二、我国台湾省

台湾省也是近几年内出现软磁盘制造业的，但是由于来自日本的竞争压力，迫使软磁盘价格不断下降；加上我国大陆加工成本更低的优势，我国大陆大量软磁盘生产线的建立也对台湾省软磁盘制造商产生压力。

台湾省目前共有三家生产软磁盘，一般分析家们认为，由于 3.5 in 软磁盘生产的高设备投资，产品低盈利及市场的高度竞争决定了在台湾省不大会有其它公司挤入这一行列。

台湾省生产软磁盘的公司是：CMC 磁性产品公司，CIS（亚瑟科技股份有限公司）和 Magmedia 公司。

CMC 公司成立于 1958 年，生产录象磁带，是世界二十大磁带厂家之一。1987 年开始生产 5.25 in 软磁盘，1989 年 3 月建立了 3.5 in 软磁盘生产线，1988 年周转资金为 4 500 万美元，1989 年达 5 000 万美元。90% 的软磁盘出口，主要市场是美国、日本和欧洲。软磁盘生产线是半自动化，盘芯来自日本、美国。1988 年产品利润很高，故扩大了生产，结果造成产品积压。预计这一状况在 1990 年会消失。

CIS 公司建于 1984 年，其磁介质产品有 5.25 in 软磁盘和 3.5 in 软磁盘，同时自己生产 3.5 in 盘外套和磁盘清洗器，其软磁盘产品 95% 出口美国和欧洲，5.25 in 软磁盘多销于欧洲，3.5 in 软磁

盘销往美国。产量已达 400 万片/月。生产线也是半自动化设备，大多从美国、日本进口，外套、衬里材料也主要是进口。OEM 加工产品占总产量的 55%，大部分是为瑞士、瑞典加工。1988 年 1 月开始生产 1MB 和 2MB 3.5 in 软磁盘。

Magmedia 公司建于 1984 年，生产 8 in，5.25in 和 3.5 in 软磁盘及 3.5 in 软磁盘外壳。1988 年收入为 3 700 万美元，软盘产品 100%出口，其中 70% 销往美国，20% 销往日本，10% 产品销在亚洲其它地区。1985 年软盘生产能力就达到 700 万片/月，3.5in 硬壳外套的生产能力为 300 万套/月。

各厂家统计调查见表 3.9。

表 3.9 台湾省软磁盘生产厂家调查统计

厂 家 (年份)	CMC	CIS	Magamedia
成立日期(年份)	1978	1984	1984
投资(美元)	25 万	745 万	1 500 万
年销售额(美元)	4 500 万	980 万	3 700 万
月产量(片)	100 万	200 万	500 万
牌号	用户牌号	型号 322-135	用户牌号
容量	1MB	1MB	1MB

三、香港地区的软磁盘生产

香港是最近四年左右才挤入软磁盘生产行列的，但由于生产竞争激烈，生产费用增长，所以出现了向内地转移生产，与内地合资生产并以香港作为向世界市场销售的基地的趋势。我国大陆大部分沿海地区的合资厂多是与港方合资的公司。

目前香港的软磁盘厂以生产 3.5 in 软磁盘为主，有几个厂家正在开发 4 MB 和更高容量的软磁盘产品。

香港目前有 6 家软磁盘生产公司：G. Yean, Hanny, Lambda, Truthbest, Plantron 和 Host。

1. G. Yean 电子科技公司

G. Yean (资源)电子科技公司建于 1985 年，初期生产 5.25 in

软磁盘，1987 年开始生产 3.5 in 软磁盘，年营业额达 4 000 万美元。G. Yean 较早地将生产转入内地，并以合资形式分别与内地 5 个公司合作生产 3.5 in 和 5.25 in 软磁盘，内地几家合资公司的总产量达 8 000 万片左右。目前 G. Yean 自己在香港的产量已很小，大部分是转销内地产品，产品市场为美国和日本。G. Yean 很注意新产品、新设备和技术的开发，并强化自己的销售网络，除了在美国建立 MIC 公司负责销售外，在德国也有自己的销售机构，和许多大批发商有着广泛的联系。

2. Lambda 磁性有限公司

该公司成立于 1984 年，有两个软磁盘分厂，一个是 Lambda Memory 磁盘有限公司，生产 3.5 in 软磁盘，一个是 Media 技术有限公司，生产 3.5 in 和 5.25 in 软磁盘，月生产能力为 4 500 万片，产品牌号为 Lambda, Mediatech 和 Supreme。

Lambda 正在开发 10MB 以上容量的 3.5 in 软磁盘，其产品销往美国和西欧。

3. Truthbest 技术公司

该公司建于 1986 年，1988 年转产软磁盘。公司贸易机构在香港，生产厂设在深圳和台湾。深圳加工 3.5 in 盘的外壳和零部件，台湾工厂加工组装软磁盘。1989 年磁盘价格下跌 30%，预计 1990 年集中生产 2MB 3.5 in 软磁盘以弥补跌价的损失。

4. Plantron 计算机公司

该公司在 1988 年建成 3.5 in 软磁盘生产线。在我国大陆和香港地区各有一个加工厂，大陆生产零部件，香港组装、检测并销售软磁盘。1989 年销售量为 2 400 万片，但设备的实际生产能力可达 2 000 万片/月。该公司还对外销售 3.5 in 软磁盘的零部件，并在开发塑料快门材料，准备替代金属快门以便降低成本。1990 年产品集中在 2MB 3.5 in 软磁盘上。

5. Hanny 磁性产品公司

这个公司从1968年开始生产盒式录音带，1980年开始生产盒式录象带，1986年开始生产软磁盘，1988，1989两年5.25 in软盘销售量为3 600万片.1988年5月开始生产3.5 in软磁盘，1989年销售量达1.2亿片. 该公司在珠海、香港有三个加工厂. 1989年底Hanny磁性产品公司收买了Anacomp的软件业务，购买了Anacomp子公司Xidex的全部固定资产及软件部门存货及全部生产线和软磁盘生产许可及Dysan, Storage, Master, Precision的牌号，使其在竞争中更具有实力. Hanny公司自己的软盘牌号为HMC，产品70% 销往美国，20% 销往欧洲.

6. Host 磁盘公司

Host磁盘公司成立于1986年，初期生产5.25 in软磁盘，1987年开始生产3.5 in软磁盘，产品牌号Host. 两个软磁盘加工厂一个在深圳，一个在香港. 该公司销售实力较强，市场在美国、西欧和南非.公司计划在1990年开发4MB高密度3.5 in软磁盘.

香港几个生产3.5 in软磁盘的厂家情况列于表3.10中.

表3.10 香港地区3.5 in软磁盘生产情况

厂 家	Hanny	G. Yean	Lambda	Truthbest	Plantron	Host
成立日期	1968	1983	1984	1986	1984	1986
月产量	800 万	300 万	350 万	41 万	200 万	150 万
产品牌号	HMC	ACT	Lambda Media	Primier	Plantron	Host
产品品种及比例	1MB 75% 2MB 25%		1MB 90% 2MB 10%		1MB 60% 2MB 40%	
容量	1MB, 2MB	1MB, 2MB	1MB, 2MB	1MB, 2MB	1MB, 2MB	1MB、2MB
道密度(tpi)	135	135	135	135	135	135
产品销路	欧、美、东南亚	美、西欧	美、西欧	美、日本	OEM	美、西欧、南非

005854

第六节　我国的软磁盘工业

一、国内软磁盘工业发展概况

随着微型计算机应用的推广，我国软磁盘需求量迅速增长，据有关部门统计，目前国内配置的微型计算机约 40 万台，近两年国内微机市场已趋于稳定，年需求量约为 8—10 万台。从国内微机的使用量以每台微机配置 2 台驱动器，每台驱动器一年添置 20—25 片软磁盘计，每年国内软磁盘用量则在 2 000—3 000 万片。发展我国自己的软磁盘工业已成为发展国民经济、提高科技水平所必需。

1984 年以前，我国的软磁盘片全部依靠进口。从 1984 年起，国内一些厂家开始着手引进软磁盘加工生产线，1986—1988 年生产线陆续投入，形成高潮。这段时期是以生产 5.25 in 软磁盘为主。1988 年以后我国又引进了一批 3.5 in 软磁盘生产线，生产、外销 3.5 in 软磁盘。我国软磁盘工业的兴起是由于微型计算机应用的普及，以及世界软磁盘工业竞争造成的生产转移趋势所决定的。

据 1989 年底不完全统计，国内软磁盘生产厂家已超过 25 个，大部分集中在广东沿海地区，而在广州、四川、吉林、辽宁、宁夏仍有生产线在建立。目前国内软磁盘年产量已过 1 亿片，预计 1990 年我国将成为居世界第三位的软磁盘制造大国。我国已从软磁盘进口国变为出口国，我国的软磁盘工业水平和产品质量已达到相当的水平，有些厂家产品质量已赶上或接近于国际知名产品的水平。软磁盘则是我国计算机产品中可大量出口的为数不多的产品之一。

二、国内软磁盘的研究与开发工作

国内的软磁盘技术研究工作始于 1976 年，清华大学和电子工业部三十三研究所开始研制 8 in 软磁盘驱动器。与此同时，三十

三所开始进行 8 in 软磁盘片的研制工作. 1981年研制成功了 8 in 单面单密度软磁盘，并继而向小型化大容量继续开发，相继于1983年开发出了 8 in 和 5.25 in 普通容量的各种型号软磁盘. 研制过程中还同时开发了软磁盘用 γ-Fe_2O_3 磁粉和粘合剂体系，为我国软磁盘技术的发展写下了第一页. 1984 年我国自行设计、自己建造的第一条软磁盘中试生产线在三十三所建成.

1984—1987 年，电子工业部三十三所先后为国内引进软磁盘生产线的厂家提供生产技术，并针对原材料依赖进口的状况开始了软磁盘生产原材料国产化的研究，开发了软磁盘粘合剂体系，γ-Fe_2O_3 磁粉和 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉，PVC 外套等材料，同时还开发了 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘的 FD 系列软磁盘鉴定器和分析仪，为软磁盘国产化打下技术基础.

与此同时，化工部第一胶片厂于 1986 年在成熟的录音带涂布技术的基础上也开展了软磁盘涂布工艺的研究，为实现软磁盘国产化做出了有益的贡献.

为发挥我国软磁盘技术力量的作用，三十三所于 1987 年与香港 G. Yean 及华明计算机公司建立了合资企业，生产软磁盘，从事质量控制及技术改造工作，并同时在全国四家软磁盘生产厂投入了技术力量.

三、国内主要生产厂家情况

1. 深圳华源磁电有限公司

该公司建于 1987 年，是香港 G. Yean 电子技术公司、深圳华明计算机公司、电子部三十三所三家的合资公司. 三十三所负责生产技术及质量控制和新产品开发，公司年产 5.25 in 软磁盘 2 000 万片，3.5 in 软磁盘生产能力为 1 200 万片，有全自动和半自动化设备.

该公司于 1987 年开始生产 5.25 in 软磁盘，1988 年初建立了 3.5 in 软磁盘生产线，其 3.5 in 软磁盘产品大部分出口. 该公司产品被优选为第十一届亚运会专用产品，在国内以 ACT 牌

号出售.

该公司是国内软磁盘制造厂家中技术实力较雄厚的厂家. 由于产品质量不断提高,正为美国、日本等一些名厂 OEM 加工. 在产品质量、产量和经济效益等方面居于全国同行业的前列.

2. 深圳资源电子、上海资源电子、北京资源电子和广州华源电子有限公司

这几家公司都是从 1985 年到 1988 年先后与香港 G. Yean 电子科技公司合资的企业,生产 3.5 in 和 5.25 in 软磁盘. 深圳资源以 GM 牌、广州华源以 Datace、北京资源以 Byte 和 ACT® 牌号在国内销售,外销产品则多为 OEM 加工, 四家总计产量约为 5 000 万片/年. 北京资源、上海资源均有 3.5 in 软盘外壳注塑设备. 深圳资..的注塑设备年产 3 000 万套外壳.

3. 珠海美达 (Media) 磁碟厂

该厂建于 1987 年底, 投入时设计生产能力为 2 400 万片/年 5.25 in 软磁盘. 1989 年后半年开始生产 3.5 in 软磁盘, 年生产能力为 1 200 万片,5.25 in 软磁盘 2 200 万片. 产品内销牌号 First, 外销产品占产量 98%.

该公司设备投资为 950 万美元, 其中检测系统投资 300 万美元,大部分设备来自美国 ESD, 是国内自动化程度较高的厂家之一.

4. 深圳运兴电子有限公司

1989 年 7 月开始生产 3.5 in 软磁盘, 年生产能力为 1 000 万片,产品 95% 出口.

该公司是由美国 Wyken Technology 公司与深圳赛格集团的合资公司, 1988 年 3 月成立,总投资 212 万美元,生产线设备为 Wescorp 公司的全自动生产线.

5. 深圳海洋电脑磁盘厂

建立于 1985 年 9 月，1986 年初开始生产 5.25 in 软磁盘，年产 500 万片/年。产品 20% 内销，80% 出口东南亚、西欧、澳大利亚。

6. 珠海(锦兴)(Hanny) 磁性产品公司

是香港 Hanny 公司在珠海的独资企业，1988 年夏成立，总投资 200 万美元，年产 6 000 万片软磁盘。

7. 几家国营独资软磁盘厂

山西无线电二厂于 1985 年底建立 5.25 in 软磁盘加工线，设计能力为 200 万片/年，该厂还有录象带生产线，具有涂布录象带和软盘的能力。

化工部第一胶片厂磁带分厂于 1988 年 11 月建立 5.25 in 软磁盘生产线，年产 60 万片软磁盘，其特点是该厂有成熟的磁带涂布经验，软磁盘涂布技术是自己开发的。

郑州晶体管厂是 1985 年 7 月开始生产 5.25 in 软磁盘的，设计能力为 72 万片/年。产品质量稳定，产品无外销渠道。

深圳顺兴(爱华)公司是国家最早投资从联邦德国 BASF 引进的生产线，设计生产能力为 5.25 in 软磁盘 500 万片/年。

下面我们用简表来汇总国内软磁盘生产厂家的情况(表 3.11)。

四、我国软磁盘工业中存在的问题及展望

我国的软磁盘工业从 1984 年以来像雨后春笋一般发展起来，除供应国内之外，还能够大量出口，这是一个相当好的形势。应当说，这是改革和开放政策的一个成就。软磁盘工业的发展不仅在经济上有所收益，对促进我国计算机应用方面也做出了贡献。

但是，由于目前软磁盘的生产量远远超出了国内的需求，而出

表 3.11 国内软磁盘生产厂家调查

厂家地点	厂家名称	5.25in	3.5in
深圳	华源磁电	✓	✓
	资源电子	✓	✓
	华匀	(3.0in)	✓
	爱华(顺兴)	✓	
	海洋	✓	
	广夏(筹建中)		✓
	运兴		✓
	易达		✓
珠海	美达	✓	✓
	威望磁讯		
	锦兴(香港 Hanny 独资)		✓
广州	华源电子	✓	
	杰纳斯	✓	
	雷特	✓	
新惠县	新惠磁盘厂	✓	
汕头	海洋磁盘厂	✓	
福州	中华电子	✓	✓
	无线电四厂	✓	
广西	南宁磁带厂	✓	
北京	资源电子	✓	✓
上海	沪兴	✓	
	资源	✓	✓
南通	南通电脑	✓	
太原	山西无线电二厂	✓	
郑州	郑州晶体管厂	✓	
保定	化工部第一胶片厂	✓	

口又面临着国际市场的激烈竞争，所以要得到生存和发展，还需要解决如下问题：

1. 搞好原材料的国产化

目前我们引进的软磁盘生产线均为后道加工生产线，而盘片的涂布虽有所研究却未形成生产能力，故作为核心部件的盘芯都靠进口，这样不仅要使国家损失大量外汇，而且受制于人。

实际上，我国是有涂布软磁盘的能力的，在软磁盘配方方面，三十三所和第一胶片厂的研究都取得了进展．此外，近几年来我国不少磁带生产厂家引进了多条磁带涂布线，只要稍加改造就可以充分发挥这些设备的作用．

我国的机加工工业有着雄厚的基础，加工注塑模具或软磁盘加工设备是有条件的．

对软磁盘用原材料的国产化，如 PVC 外皮，无纺布（Non-woven）等的研究已有很大进展，已具备工业化条件，这方面机电部三十三所和华源磁电有限公司已进行了许多工作．我们相信，随着原材料的国产化，成本会大大降低，增强产品的竞争能力．

2. 进行新产品的开发研究

如前所述，软磁盘在向微小型化和大容量化方向发展，那么现在生产的 5.25 in 产品过几年终将需求量会下降，而 4MB 3.5 in 软磁盘，2 in 软磁盘也将登场，产品的更新要求我们必须在生产现有产品的同时，搞好新产品的开发．这方面，我们要有长远眼光，投入足够的人力和物力，尽快跟上国外发展的步伐．

3. 进口软磁盘产品问题

目前，国内的软磁盘产品足以满足国内的使用，但市场上仍有大量进口软磁盘产品销售，这是因国家对这一问题的政策尚不明确，为了保护竞争力不强的新兴的民族工业，国家应采取一定的对策，停止进口或像美国一样征收高额关税，限制进口．

任何新生事物之成长壮大都会是艰难曲折的．我国的软磁盘工业已经从无到有，由小到大，从完全进口到大量出口，走出了可喜的几大步．各生产厂都培养了一支自己的技术队伍和管理队伍．管理水平和产品质量都有不同程度的提高．中国人民是勤劳智慧的，我们应当有能力在不远的将来，在软磁盘的世界竞争中跻身于强国之林．

第四章　软磁盘的存储容量及提高软磁盘存储容量的途径

第一节　引　言

大家知道，软磁盘发展的方向是大容量和微小型化．因此，近20年软磁盘的发展史也正是磁盘不断地向微小型化和大容量发展的历史．

让软磁盘的尺寸变小，又要多存储信息是相互矛盾的要求，而解决这一矛盾，达到尺寸小容量大的目的，依靠的是技术水平的提高．

通过50年代和60年代的实践及理论的研究，在磁带和磁盘上进行数字记录已经形成了一整套完整的数字磁记录理论．有关数字磁记录理论已有不少专著介绍，这里不拟赘述．本章我们只是利用这一理论的基本结论来讨论软磁盘提高存储容量的途径．

正如同要在一张纸上多写文字，不仅要改进纸张，同时还要改进笔和印刷技术一样，提高软磁盘的存储容量是改进多方面技术的综合结果，其中包括：

（1）软磁盘驱动器机械结构的改进；

（2）软磁盘驱动器电路，特别是编码电路改进以及磁头定位伺服电路的采用；

（3）磁头的改进；

（4）软磁盘介质和结构上的改进．

下面我们首先介绍一下软磁盘驱动器的结构，而后讨论如何通过上述几个方面的技术改进，一步一步地提高软磁盘的存储容量的．

第二节　软磁盘驱动器的工作原理

软磁盘驱动器(以下简称驱动器)和软磁盘的关系，有些类似于录音机和录音带的关系．两者的主要区别在于微机的驱动器是受计算机控制去工作的，而录音机的工作则简单得多。

驱动器的主要功能是：

(1) 接受和产生控制信号；

(2) 将磁头移动到指定的位置；

(3) 在软磁盘上写入和读出信息。

为了完成上述功能，驱动器由机械部分、电路部分和磁头三部分构成。

一、驱动器机械部分

由两部分组成：

1. 盘片驱动机构

盘片驱动机构的功能是使盘片准确地在主轴中心位置定位、卡紧，并能以一定的速度匀速旋转。5.25 in 倍密度软磁盘转速为 300 r/min，高密度盘转速 360 r/min．盘片驱动机构包括盘片插入引导机构，盘片卡紧机构及无刷直流电机等部分。

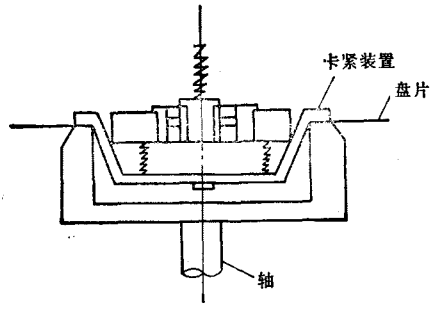


图 4.1　5.25 in 软磁盘驱动器的卡紧机构

如图 4.1 所示，5.25 in 软磁盘的卡紧机构是使盘片迅速准确地定位在主轴驱动轮上，并夹紧盘片使之随主轴旋转。

2. 磁头定位机构

这部分的主要作用是将磁头送到指定的磁道位置，要求定位准确、迅速，结构简单。

按驱动器的控制方式，磁头定位机构可分为音圈电机闭环控制和步进电机开环控制两种。前者定位精度和定位速度高，可以实现高的磁道密度，在大容量驱动器上使用；后者定位精度和定位速度均低，但结构简单，因而普遍采用。

步进电机开环控制磁头定位机构有丝杠式和钢带式两种。3.5 in 驱动器大多采用丝杠式，而 5.25 in 驱动器则多数采用钢带式。图 4.2 和图 4.3 分别为上述两种定位机构的示意。

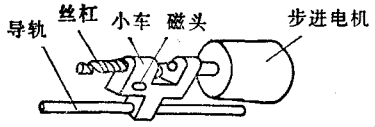


图 4.2　步进电机丝杠传动定位机构

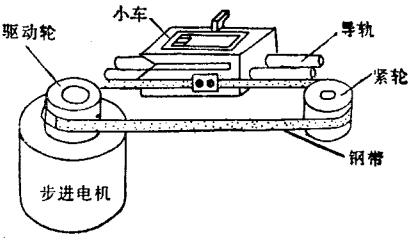


图 4.3　步进电机钢带传动定位机构

二、电路部分

驱动器的电路包括下列主要电路：

1. 写入电路

写入电路的作用是按写入数据(二进制数字信号)的要求产生相应的写电流，并输入到读/写磁头线圈中去。写入电路原理框图及波形图见图 4.4。

2. 读出电路

读出电路的功能是将已经记录在盘片磁性层上的信息，通过磁头读出，并经放大、整形、还原成为与写入脉冲完全相同的脉冲。

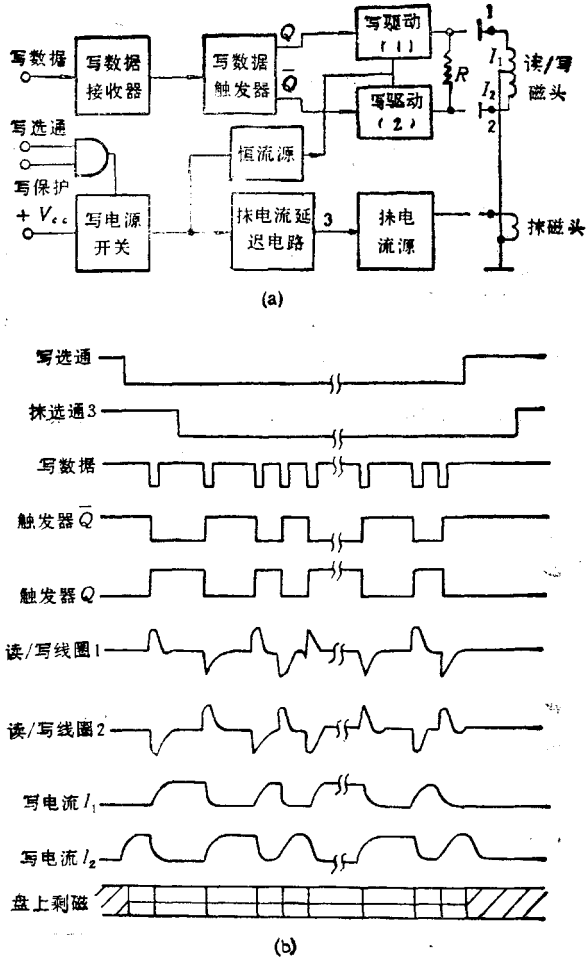


图 4.4　写入电路原理框图(a)及波形图(b)

所以读出过程相当于写入过程的逆过程。图 4.5 是读出电路原理框图及波形。

3. 磁头定位电路

磁头定位电路是用来控制磁头定位机构的运动方向和应达到

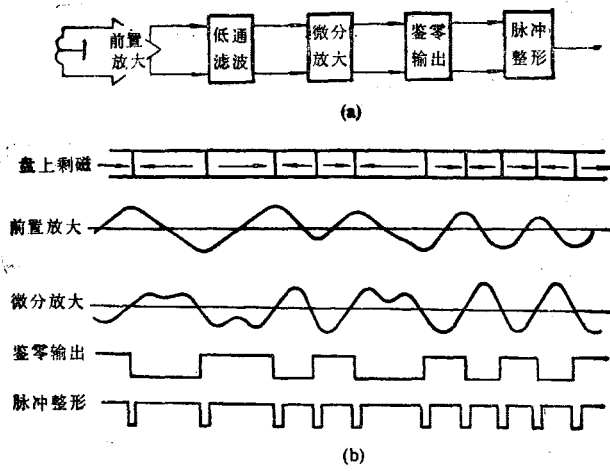


图 4.5 读出电路原理框图（a）及波形（b）

的位置。对于采用步进电机传动的机构而言，即是决定步进方向和步进距离的控制。

4. 其它信号检测和驱动电路

（1）00 磁道检测电路　其作用是检测 00 磁道信号，将信号传送到软磁盘控制器，通知它读/写磁头现处于 00 道位置；

（2）索引信号检测电路　盘片每转动一周，产生一个索引脉冲送至软盘控制器，表示一条磁道的开始和结束，为系统提供各种定时信号；

（3）写保护检测电路　为避免在不该抹除的软盘上写入新信息，电路可在检测到不允许写的软盘时，自动切断电路的供电电源，发出写保护信号送至控制器，禁止写入程序的执行；

（4）准备就绪（Ready）检测电路　通知控制器下述状态就绪：电源接通，盘片插入，驱动器门关好，可以对驱动器发出各种控制信号；

（5）磁头加载控制电路　磁头加载电路的作用是控制磁头

与介质接触和脱离接触的动作，使磁头只有在进行读写操作时才和介质接触，其它时间则磁头与介质脱离开。

三、磁　头

磁头是驱动器的重要部件，有人称之为驱动器的心脏。磁头的结构和性能对软磁盘的记录密度和存储容量有很大影响。

常用的驱动器磁头是由读写磁头和抹磁头两部分构成的。读写磁头的作用是在介质上进行写入信号和读出信号的操作。在写入信号时，磁头线圈上流经写电流而产生磁场，磁场将介质磁化。当切断线圈电流之后，介质上仍留有剩磁形成的位元。由于盘片不断转动并不断改变写电流方向，因此形成了一连串的位元，每一个位元相当于一个小磁铁。而进行读操作时，磁性位元的磁通进入磁头铁芯，磁通量的不断变化而感生出电压。因此，写操作时磁头将电信号变为磁信号，在读操作时又将磁信号转变为电信号。

读写磁头的铁芯通常是用锰锌铁氧体材料制成的。铁芯的宽度决定了介质磁化位元的宽度。通常，我们把一连串的磁化位元形成的轨迹称之为磁道，也就是说磁头铁芯的缝宽决定了磁道宽度。例如，倍密度 5.25 in 驱动器磁头缝宽 0.330 mm，那么用这种磁头写成的磁道宽度为 0.330 mm。

抹磁头位于读写磁头两侧(图 4.6)，其作用是将已写成的磁道边缘抹整齐，使磁道与磁道之间建立一个空白区，以减少相邻磁道信号的相互干扰。例如，前述宽度为 0.330 mm 的磁道，经抹电流抹之后，磁道宽度变为 0.305 mm。在抹磁头中通入的是直流电和读写磁头通以交变写电流不同。

有关软磁盘的结构我们以后将详细介绍，这里只指出一点，即由于盘片在驱动器中做圆周运动，因此写成的磁位元形成的磁道是圆形的。在步进电机的带动下，磁头每前进一步可以写成一个磁道，这样，在介质上形成一个一个距离彼此相等的同心圆磁道(见图 4.7)。

显然，如果能在一个盘片写入较多的磁道，而每个磁道上又能

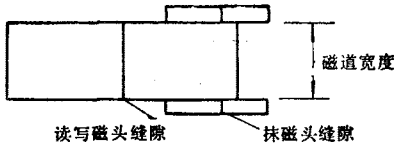


图 4.6 读写磁头和抹磁头示意图

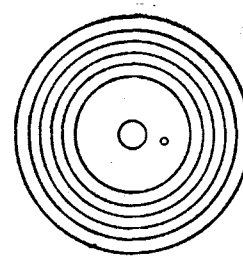


图 4.7 介质上写成的磁道示意

写入较多的位元，那么每张盘片就可以存储较多的信息．此外，每片介质可以存入的信息越多，则使用越方便；而每位成本越低，即性能价格比越好．从软磁盘到磁头，从驱动器结构到电路，不断研究和改进的目标即是提高存储容量，降低每位成本．

第三节 软磁盘的记录密度

记录密度是计算介质存储容量的基本指标，也是表达记录介质和驱动器性能的基本指标．很显然，如果我们知道了介质单位面积上可以记录多少位元，即面密度，再知道盘片工作区的有效面积，很容易求出存储容量．

面密度是单位长度磁道上的位元数，即位密度 (bit density) 和单位径向长度的磁道数，即道密度 (track density) 的乘积．但是我们通常不大用面密度这种表示法，而是采用位密度和道密度表示．这是因为位密度可以直接反映记录介质的特性，而道密度则反映了驱动器，特别是反映出驱动器磁头和磁头定位机构的特性．下面我们对位密度和道密度作更详细的讨论．

一、位 密 度

位密度是指在单位长度磁道上可以记录多少位信息，这里的位即是计算机常用的逻辑“1”．由于在磁记录介质中多沿袭英制

单位，所以位密度单位是指每英寸长的磁道上记录的二进制数码“1”的个数，即 bit per inch，简写 bpi。

在软磁盘上记录的磁信号是一边为N极，一边为S极的小磁性单元，那么这种磁性单元和二进制数码“位”之间有什么关系呢？这之间的联系取决于数字电路所采用的编码方式(coding mode)。早期数字电路采用调制频率编码方式，这种编码方式的编码效率为1/2，即两个磁性单元相当于1位。采用调频编码（FM）的记录密度称为单密度(single density)。而当采用改进调频制(MFM)时，1个磁性单元即相当于1位，其编码效率为1。这种方式下的记录密度为倍密度（double density）。此外，还有更高效率的编码方式。

由于位记录密度和编码方式有关，所以准确反映磁记录介质特性的量是磁通翻转密度（flux transition density）。这里的磁通翻转指的是在介质上形成的小磁性单元。

对于软磁盘来说，磁通翻转密度可用下式表示：

$$\text{磁通翻转密度} = \frac{2f \cdot t}{2\pi R_{\min}}$$

$$= \frac{f \cdot t}{\pi R_{\min}} \text{（磁通翻转/英寸）} \qquad (4.1)$$

式中 f 为记录频率；

t 为软磁盘每转一周所需要的时间；

$R_{\min}$ 为最内磁道半径，$2\pi R_{\min}$ 则为最内磁道的周长。分子上的2表示电流每改变一个周期产生两个磁通翻转。

对于倍密度软磁盘来说，由于编码效率为1，所以磁通翻转密度和位密度数值是相等的，对于单密度软磁盘，磁通翻转密度是位密度的一倍。

例如，5.25 in 倍密度软磁盘的2F（全1信号）频率为125 000Hz，盘片转速为300 r/min，即每秒5圈，软磁盘1面的内磁道半径为1.354 in，则位密度为：

$$\text{位密度} = \frac{2 \times 125\,000}{5 \times 2\pi \times 1.354} = 5\,876 \text{ bpi}$$

这里应当指出，软磁盘每一条磁道的存储容量是相等的，由于各磁道的半径是不同的，所以由最外磁道向最内磁道过渡，记录密度会逐步加大，即最内磁道具有最大的记录密度．所以，通常在介绍磁盘记录密度时，都是指最内磁道的记录密度．再者，软磁盘两个记录面的磁道半径是不同的． 1 面磁道半径小，0 面磁道半径大，软盘特性中的记录密度是指 1 面最内磁道的记录密度．表 4.1 给出了几种软磁盘的位密度之比较．

表 4.1 软磁盘记录密度

规　格	磁通翻转密度（磁通翻转/英寸）	位密度（bpi）	道密度（tpi）	非格式化容量
8in				
单面单密度	6 536	3 268	48	400KB
双面单密度	6 816	3 408	48	800KB
双面倍密度	6 816	6 816	48	1 600KB
5.25in				
单面单密度	5 536	2 768	48	125KB
双面倍密度	5 876	5 876	48	500KB
双面倍密度倍道密度	5 922	5 922	96	1MB
双面高密度	9 646	9 646	96	1.6MB
3.5in				
单面单密度	8 128	4 064	67.5	250KB
双面倍密度	8 717	8 717	135	1MB
双面高密度	17 434	17 434	135	2MB

二、道 密 度

如前所述，软磁盘介质上磁记录信号的轨迹，即磁道的宽度是由磁头铁芯的缝宽所决定的．在考虑道密度时，不仅要考虑道宽（W），也要考虑磁道间距（G）：

$$\text{磁道密度} = \frac{1}{W+G}\text{（每英寸磁道数）} \qquad (4.2)$$

式中 W，G 均以英寸为单位.

第四节　软磁盘的存储容量

信息记录介质的存储容量并非新概念，实际上很早以前就有之. 例如一片竹简刻 10 个字，可以说这片竹简的存储容量为每片 10 个字. 依此类推，400 字一张的稿纸存储容量为 400 字/张. 这样的概念对于软磁盘、硬磁盘等数字磁记录介质也是完全适用的. 下面我们介绍一下软磁盘规格中常见的两个容量概念：非格式化容量和格式化容量.

一、非格式化容量（Unformatted Capacity）

把最内磁道的位密度乘以该磁道的周长即是每条磁道的容量，再乘以每片软盘的磁道总数 N_T，则得出该软磁盘的总容量. 通常把这种方法计算的容量称为非格式化容量. 即：

$$\text{非格式化容量} = 2\pi R_{\min} \times \text{位密度} \times N_T \qquad (4.3)$$

在计算机中 8 位（bit）算做一个字节（byte），每个字节可记一个英文字符，通常存储容量以字节计时更容易表达，故式 4.3 计算的总数要除以 8，即为每片软磁盘以字节计的非格式化容量：

$$\text{非格式化容量} = \frac{2\pi R_{\min} \times \text{位密度} \times N_T}{8} \text{（字节/片）}$$

不同规格软磁盘的非格式化容量见表 4.1.

通常 3.5 in 软磁盘人们习惯于用非格式化容量来说明其规格，如 1MB 和 2MB 的 3.5 in 盘. 但对于 5.25 in 软磁盘来说，人们又往往习惯于用格式化容量来说明其规格，下面我们介绍格式化容量的概念.

二、格式化容量（Formatted Capacity）

在介绍格式化容量之前，应该先知道什么叫格式化（Formatting）.

我们知道，一张白纸可以密密麻麻地写许多字，但是在许多具体应用的纸张预先印好了格，并且印上或注明用纸者应填写的内容．例如人事登记表格规定了姓名、年龄填写的位置，这样一来这张表格可以写字的位置就减少了许多，但这种用法的最大优点是清楚，并且易于查找．我们不妨说印了表格的纸可以写的字数叫这张纸的格式化容量，而原来的白纸写的字数为非格式化容量．

同样的道理，为了很方便地从软磁盘中查出存储的文件，要对软磁盘预先进行格式化．软磁盘格式化的方式如下：

(1) 将空白软磁盘的磁道用两位数字编号，最外磁道为00道，依次为 01，02，…，5.25 in 双面倍密度盘最内道为第 39 磁道，高密度盘最内道为第 79 磁道；

(2) 将磁道划分为扇区 (Sector)，如图 4.8 所示，5.25 in 倍密度软磁盘分为 9 个扇区，高密度软磁盘分为 15 个扇区，扇区也编号；

(3) 索引孔 (Index) 是在软磁盘上决定一个磁道开始和结束的点．当发光二极管发出的光束透过索引孔而被检出时，标志着一个磁道的开始，也是第一个扇区的开始；

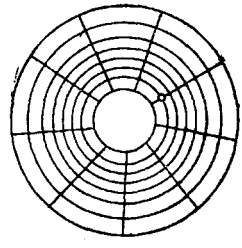


图4.8 5.25 in 倍密度软磁盘扇区的划分

(4) 每个扇区的开始要记录扇区开始的标志符号，标志应包括面号 (0 面或 1 面)、该扇区所在的磁道的号数和扇区编号，以便在读写信息时查找地址，之后有一定字节长度的标识符间隙，接着写入用户数据．5.25 in 倍密度盘每扇区的数据块可写 512 个字节．在数据块之后是 CRC 校验码，又经过一定间隔，就开始下一扇区．图 4.9 给出了 ISO 规定的 5.25 in 软磁盘的格式．

软磁盘在微型机上使用之前要进行格式化，就是在每一面划分磁道，并在每一磁道上划分扇区，并且写入上述格式．未经格式化的软磁盘是空白盘，不能写入文件，软磁盘需经格式化之后才能

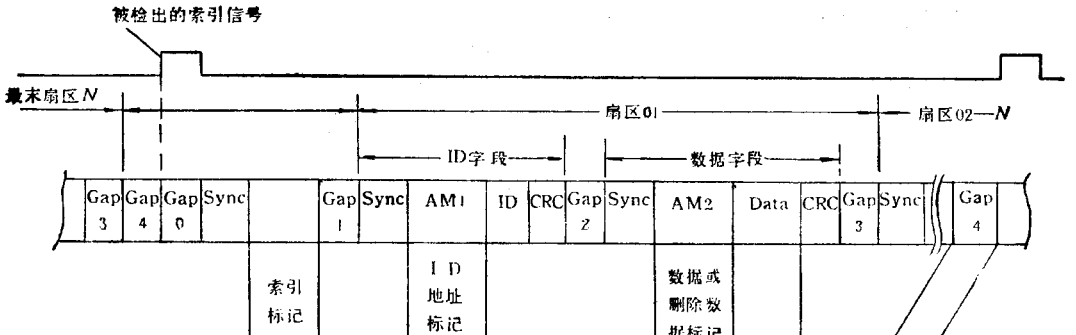


图 4.9 ISO 型 5.25in 软磁盘的磁道格式

* 这个数据字节含有漏时钟； * 2 ID 字段； * 3 CRC 校检字节，公式 $G(x) = 1 + x^5 + x^{12} + x^{16}$ 字节

记录文件。00 磁道记录的是可以起动微型计算机的系统软件。

在了解了格式化的意义之后，我们不难计算出软磁盘的格式化容量：

格式化容量（KB）＝（每扇区记录的字节数×每道扇区数×每面磁道数×记录面数）÷1024（KB）

5.25 in 双面倍密度软磁盘有两个记录面，每面有 40 条磁道，每磁道划分 9 个扇区，每个扇区记录 512 个字节，故其格式化容量为：

$$512 \times 9 \times 40 \times 2 \div 1024 = 360(\text{KB})$$

（1KB ＝ 1024 byte）。其它类型软磁盘的格式化容量都可用同样方法计算（参见表 4.2）。

表 4.2　不同规格软磁盘的格式化容量

规　格	记录面数	每面磁道数	每道扇区数	格式化容量
5.25in				
双面倍密度	2	40	9	360KB
双面倍密度倍道密度	2	80	9	720KB
双面高密度	2	80	15	1 200KB (1.2MB)
3.5in				
双面倍密度	2	80	9	720KB
双面高密度	2	80	18	1 440KB (1.44MB)

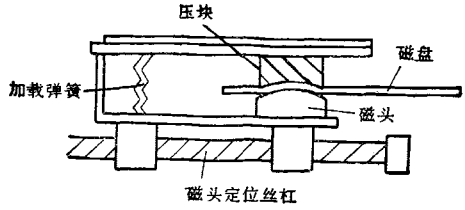
第五节　提高软磁盘存储容量的途径

自古至今，包括书写文字在内的一切信息存储方式都是朝着高密度，大容量和小型化的方向发展。只有每种记录介质存储信息的容量提高，才能降低每位信息的成本，同时也为微小型化创造条件。而微小型化使得介质使用和运输方便，同时又降低了成本。同样地，软磁盘近 20 年的发展史就是不断提高存储容量和不断微小型化的历史。

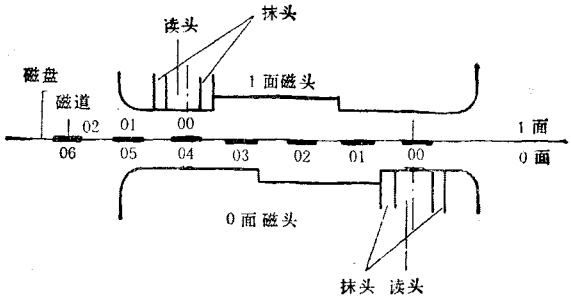
软磁盘是在驱动器内工作，因而盘片本身的改进离不开驱动器机构、磁头和电路的改进．下面我们讨论提高软磁盘存储容量的若干途径．

一、增加记录面

早期的软磁盘是一个面（0 面）记录而另一个面（1 面）是不使用的．这种软磁盘称为单面盘（Single Side, SS），单面型软盘驱动器只有一个磁头（0 面磁头），另一面是一个压块，在弹簧的压力下保持磁头与介质的良好接触．双面型驱动器在 0 面和 1 面各有一个磁头，其中 0 面磁头是固定头，1面磁头是活动头，靠弹簧压力加载．两个读写磁头的铁芯位置不是相对的，而是相差一段距离（见图 4.10）．48 tpi 的 5.25 in 驱动器 0 面磁头和 1 面磁头差 4 个磁道，96 tpi的 5.25 in 驱动器 0 面磁头和 1 面磁头相差 8 个磁道．



(a)



(b)

图 4.10　双面和单面型磁头配置示意

（a）单面型磁头　（b）双面型磁头

双面型软磁盘（Double Side, DS）的存储容量比单面盘就提高了一倍．单面型软磁盘和单面驱动器已趋于淘汰，目前所使用的软磁盘均为双面型．这一潜力已经挖尽，所以提高容量还要靠提高位密度和提高道密度来解决．

二、提高位密度

提高位密度的途径较多，例如通过改进数字电路的编码方式，磁头的改进，介质的改进以及磁记录方式的改进来实现．一般说来，单纯改进上述任何一部分来提高位密度都是行不通的，而是要多方面改进来相互配合．

1. 改进编码方式

单密度软磁盘记录时采用的是调频制（Frequency Modulation, FM）编码方式，这种编码方式规定：

（1）每个位单元的前沿都有一个时钟位；

（2）“1”写在位单元中间；

（3）位单元中间没有磁通翻转表示“0”．

这种编码方式的特点是每一位单元都有一时钟位，故不易出现错误，但磁道位置的一半被时钟信号占据，故编码效率为 1/2．

调频制编码方式见图 4.11．

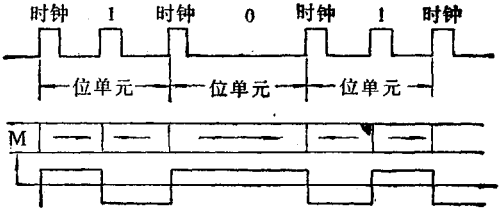


图 4.11　调频制编码

为了改善 FM 制编码效率低的状况，同时又希望保留 FM 制的优点，提出了改进调频制（Modified Frequency Modulation,

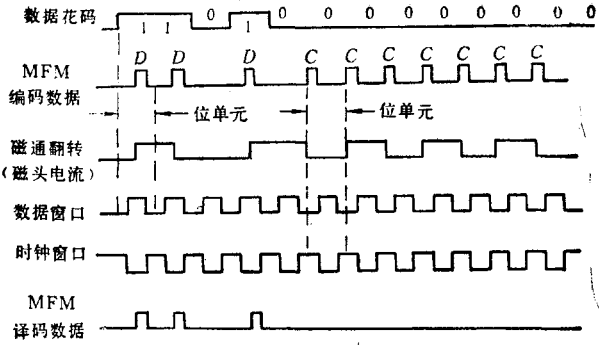


图 4.12 改进调频制编码

MFM) 的方式. 改进调频制的规定如下(见图 4.12):

(1) 数据位写在位单元的中间;

(2) 时钟位写在位单元的前沿,但不是每个位单元均写时钟,写时钟的条件是: 前位单元和本位单元都没有数据位.

和 FM 制编码方式相比, MFM 制编码在磁通翻转密度不增加的条件下位密度可以增加一倍,故 MFM 制编码效率为 1. IBM 公司提出的这种改进调频制方案先在硬盘数字电路中使用, 后来广泛用于软磁盘驱动器中, 即目前倍密度软磁盘所采用的编码方式.

2. 磁头的改进

改进驱动器用的磁头和改进介质一样, 是提高位密度的关键性环节. 从数字磁记录的理论和实践知道, 减小磁头的缝隙长度 g, 有利于提高位密度. 随着介质矫顽力的提高,对于磁头材料性能也提出了新的要求,在磁头结构也要不断改进.

单密度和倍密度驱动器磁头的缝长 g 为 2.5 μm, 高密度驱动器磁头缝长减少了一半,约 1.2 μm. 垂直记录用的环形磁头缝长小到 0.4 μm. 小的缝长要求采用特殊的缝隙加工技术. 磁头缝隙,磁头和介质间的关系如图 4.13 所示.

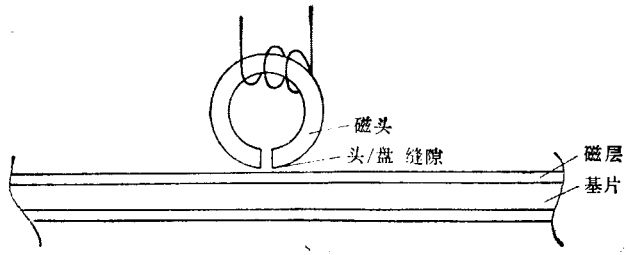


图 4.13 磁头、磁头缝隙与介质的相互关系

3. 介质的改进

提高软磁盘记录密度最为关键的是改善软磁盘的介质.

从理论上可以知道,为提高位密度必须进行如下的改进:

(1) 提高矫顽力 H_c;

(2) 减薄磁层厚度 δ;

以上两种措施都是为了减少磁性单元的退磁效应,提高信号的分辨率.

(3) 提高介质表面光洁度,减小介质与磁头之间的间距 d,以减小间距损失. 为此,必须改善介质配方、涂布、压光和抛光技术.

实际上,不论何种规格尺寸的高密度软磁盘往往需要同时采取上述多项措施才能得到满意的结果.

例如,70 年代是以单密度和倍密度软磁盘为主要产品的,这种盘使用的磁性材料是普通的 γ-Fe_2O_3 磁粉,矫顽力在 300Oe (奥斯特)左右,磁层厚度为 2.5—3.5 μm,表面较粗糙.

80 年代发展了格式化容量为 1.2MB 的 5.25 in 软磁盘和 1MB 3.5 in 软磁盘,这时采用了矫顽力为 650 Oe 的包钴 γ-Fe_2O_3 磁粉,磁层厚度为 1—2 μm. 表面压光和抛光质量极为良好.

近来发展的 4 MB 3.5 in 软磁盘和 2 in 软磁盘分别采用钡铁氧体和金属磁粉. 矫顽力更高,表面状态更佳.

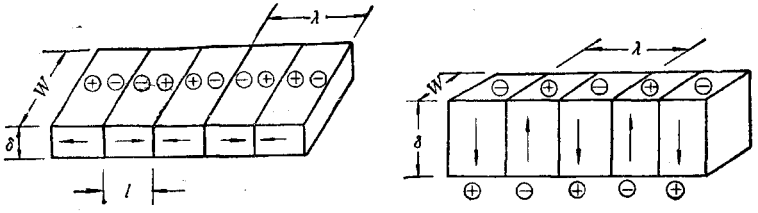
表 4.3　不同规格软磁盘介质性能

软盘种类	位密度 (bpi)	磁　粉	矫顽力 (Oe)	磁层厚度 (μm)	表面状态
5.25 in					
倍密度	5 876	γ-Fe_2O_3	300	2.5—3.5	一般
高密度	9 646	Co-γ-Fe_2O_3	650	1.6—2.0	良好
3.5 in					
倍密度	8 717	Co-γ-Fe_2O_3	650	1.6—2.0	良好
高密度	17 434	Co-γ-Fe_2O_3	730	0.9—1.0	优良
4MB	34 848	钡铁氧体	800	2—3	优良
		金属磁粉	>1 000		优良
2 in 录象盘	64 000	金属磁粉	1 400	3.5	优良

表 4.3 给出了不同软磁盘的介质性能.

4. 采用垂直磁记录 (Perpendicular Recording) 技术

由日本东北大学岩崎俊一发展的垂直磁记录技术在提高软磁盘存储容量上获得了应用. 到目前为止，所应用的磁记录方式都可称之为水平或纵向记录方式 (Horizontal Recording). 水平式记录在介质上形成的磁通与介质面相平行 (图 4.14a)，这样形成



W=磁道宽度　δ = 介质层厚　λ = 记录波长

图 4.14　水平记录和垂直记录介质磁化方式

(a) 水平记录；(b) 垂直记录

的小磁性单元之间是磁极对顶着排列的，由于退磁场的存在，使读出信号幅度下降，分辨率也降低，因此，记录密度难以提高. 为了

减小退磁场影响，就需要采用高矫顽力磁粉并且减薄磁层，目前3.5 in 高密度软磁盘磁层厚度减薄到 1 μm 以下。但是，无论是提高矫顽力还是减薄磁层，总是有限度的，因此，会使提高记录密度受到限制。

采用垂直记录介质(例如 Co-Cr 膜)和特殊设计的磁头可将介质磁化成垂直于膜面的形式（图 4.14b)。这种垂直记录方式形成的磁通之间不存在退磁场，因而可以在不减薄磁层的条件下提高记录密度.容量为 4MB 或更高的软磁盘是采用垂直记录钡铁氧体磁粉制造的.日本东芝制造了钡铁氧体磁粉并用以开发了 4MB 及更大容量的软磁盘。

三、提高道密度

提高道密度是提高软磁盘容量的另一重要措施。和硬磁盘的道密度相比，软磁盘的道密度几乎低了一个数量级。软磁盘道密度低是限制其存储容量的最根本原因，因为软磁盘的位密度与硬盘相差不大。

软磁盘的道密度低除了为保证其互换性而外，还由于它采用的盘基为聚酯 (Polyester) 膜,通常厚度为 75 μm。这种材料受热或潮湿会发生各向异性的尺寸变形。硬磁盘的铝镁合金盘基热变形是各向同性的,并且不受潮湿的影响。

聚酯膜是双向拉伸的，在一个轴的热膨胀系数为 26×10^{-6} mm/(mm · ℃)，和该轴垂直方向的热膨胀系数最低，为 19×10^{-6} mm/(mm · ℃)。湿膨胀系数也有类似的情况。这样，在遇热或遇潮湿的情况下，原来写入的圆形磁道有可能会变成椭圆形（见图 4.15)，磁道变形后有可能使磁头找不到原来记录的轨迹，造成读出错误。所以只能使磁道加宽，即降低道密度，才能不致发生找不到磁道的错误。

计算表明，若工作环境的温度有 ±20℃ 的变化，而相对湿度有 ±30% 的变化，可以使 8 in 软磁盘的最外磁道，即 00 道偏离达 ±40 μm。对于道密度为 48 tpi 的 8 in 软磁盘而言，这样大的磁

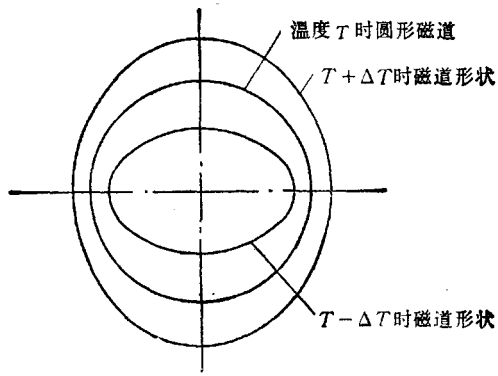


图 4.15　热、湿变形后磁道轨迹变化示意

道偏离还是允许的，而对于道密度更高的软磁盘，这一磁道偏离就不允许了．这就解释了为什么 8 in 软磁盘的道密度限制在 48 tpi 而不能提高到 96 tpi 或更高的程度．

5.25 in 软磁盘 0 面 00 磁道的半径为 57.150 mm，与 8 in 00 道比较，半径将近小了将近一半，所以热和湿引起的磁道偏离也小了将近一半．因此 5.25 in 软磁盘的道密度可以翻一番，高密度 5.25 in 软磁盘的道密度为 96 tpi．但是，如果不采取特殊措施，5.25 in 盘的道密度也就限于此了．

3.5 in 软磁盘的道密度为 135 tpi，超过了 5.25 in 软磁盘的允许值．从上面分析的原因这是不难理解的．因为磁道半径减小之后，热、湿引起的变形性减小，磁道偏离值变小．此外，3.5 in 软磁盘采用了不锈钢制的金属中心环，比聚酯膜的轴孔定位误差小得多．这就进一步提高了定位精度，从而保证了 135 tpi 的道密度．3.5 in 软磁盘在减小尺寸的情况下，容量反而有所增加，提高道密度是重要措施之一．

进一步提高道密度要采用伺服定位机构．在最内磁道或最外磁道写入伺服信号，根据磁道偏离量，计算机推算出其它磁道所处的位置，并向磁头定位机构发出相应的位置指令，使磁头达到准确的位置进行读写操作．利用这种定位机构，8 in 软磁盘的道密度

可达 300 tpi.

容量为 4MB 的 3.5 in 软磁盘只是改进了介质，采用钡铁氧体或金属磁粉介质，尚且不需采用伺服技术. 目前日本一些公司正在开发 10MB 以上的 3.5 in 软磁盘，这些软磁盘主要是依靠伺服定位技术来提高道密度，以实现提高存储容量的目的. 目前道密度最高可达 777 tpi. 由于道密度的提高，目前 2 in 软磁盘的容量已超过目前常用的 DS-DD 5.25 in 软磁盘的容量.

第六节 结 束 语

记录密度和存储容量是软磁盘的最重要的性能指标. 软磁盘的发展，一直走的是提高存储容量和微小型化的道路. 提高位密度和道密度是提高存储容量和微小型化的前提. 而提高存储容量是通过不断改良介质、磁头、电路、驱动器的机械结构等多种途径来实现的. 我们可以用图 4.16 综合上述关系.

表 4.4 综合了提高软磁盘密度的途径.

表 4.5 给出了大容量软磁盘驱动器和介质的性能数据.

表 4.4 提高软磁盘密度的途径

增加记录面	提高位密度	提高道密度
单面记录	单密度（FM 制编码）	48tpi (8in, 5.25in)
↓ 驱动器改进，增加磁头	↓	↓减小磁头缝宽
双面记录	倍密度（MFM 制编码）	96tpi (5.25in)
	↓采用高 H_c 磁粉，薄磁层 ↓减小磁头缝长	↓减小尺寸 ↓上金属环
	高密度	135tpi (3.5in)
	↓水平记录改为垂直记录	↓加伺服机构
	超高密度	>300tpi

从表 4.5 可以看出 80 年代末期软磁盘达到的容量. 1989 年 9 月在意大利召开的国际磁记录介质会议上预测，到 1995 年，软磁

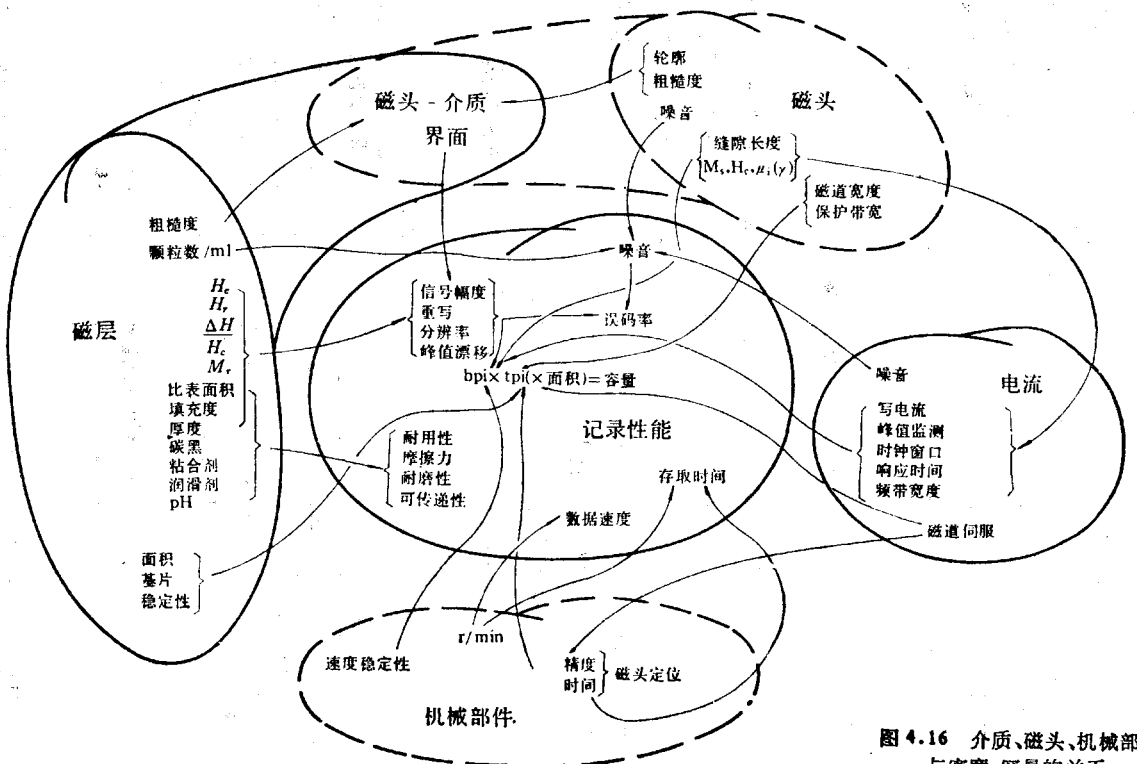


图 4.16　介质、磁头、机械部分与密度、容量的关系

表 4.5 大容量软磁盘驱动器及记录介质性能

生产公司	索尼	东 芝	Y·E·Data	NEC	Brier	日立-万胜	索尼	松 下
软盘尺寸 (in)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.5	2.0	2.0
介质种类	Co-γ-Fe_2O_3	BaFe*	MP**	MP	Co-γ-Fe_2O_3		MP	MP
非格式化容量 (MB)	2	4	4	12.5	21.4	1MB (单面)	1MB (单面)	1MB (单面)
位密度 (bpi)	17 434	34 868	34 868	36 700	26 000	12 300	51 200	14 860
道密度 (tpi)	135	135	135	406.6	777	200	254	254
每面磁道数	80	80	80	240	516	80	50	80
磁盘转速 (r/min)	300	300	150	600	720	300	3600	300
传输率 (Kb/s)	500	1 000	500	10 000	10 000	250	14 300	250
驱动器高度 (in)	1.6	1.625	1.0	1.0	1.625	<1.0	1.0	<1.0
编码方式	MFM	MFM	MFM	MFM	RLL		8/10	MFM

* BaFe 为钡铁氧体磁粉。

** MP 为金属磁粉。

盘记录容量可达到的水准为：

5.25 in	150 MB
3.5 in	100 MB
2.5 in	50 MB
2 in	20 MB

除了上述改进措施外，记录介质要采用连续金属膜介质以提高记录密度。

总之，软磁盘的存储容量随着介质、磁头和驱动器的进步，以及记录方式的改进，正在迅速提高。

第二部分　软磁盘的生产工艺

第五章　软磁盘的涂布工艺

第一节　引　　言

盘片（Disk 或 Cookie）是软磁盘的核心部件。软磁盘的记录密度、存储容量主要取决于盘片所用的磁性材料的性质，磁层厚度以及表面光滑的程度。

软磁盘片的制造方法是以涂布机的平涂工艺，先涂布成宽的磁带，再冲裁成一个个圆片，即 Cookie，如图 5.1 所示。

这种工艺，由于吸取了制造磁带工艺的优点，基本上采用制造磁带的设备和技术，可以连续大规模地生产，从而降低了成本。

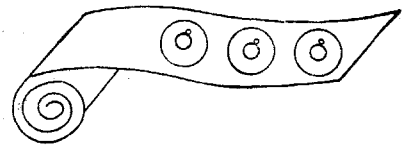


图 5.1　涂布宽带冲裁成盘片

但是，涂布软磁盘和涂布磁带是有区别的，通常涂布磁带的涂布机是不能涂布软磁盘的，尤其不能涂布高密度软磁盘。这是因为：

（1）软磁盘磁层较薄，如 2MB 3.5 in 软磁盘要求磁层厚度为 1 μm，而磁带磁层则厚得多，一般为 5 μm。因此，软磁盘涂布对涂布机的精度要求也要高得多；

（2）氧化铁磁粉是针形的，这种针状颗粒磁粉在磁性记录层中排列方式对于磁层的磁性能有很大影响。为了获得大的剩磁从而得到高的输出信号强度，磁带要求针状磁粉颗粒沿带长方向排

列。但是，由于软磁盘的磁道是圆形的，而不是像磁带的磁道，所以，理想的情况是针状磁粉颗粒沿圆形磁道排列才能得到高的输出信号强度。硬磁盘是一片一片甩涂磁层，确实可以实现这一点，但软磁盘无法实现这一点，因为软磁盘是用涂布机平涂的。

如果软磁盘磁层中针状磁粉颗粒能紊乱取向（图 5.2a），则输出信号幅度是均匀的，而输出信号包络线是平滑的（图 5.2b）。但如果软磁盘中磁粉象磁带一样排列（图 5.2c），则输出信号有大的起伏，包络线不是平滑的（图 5.2d），表现出有大的调制噪声。

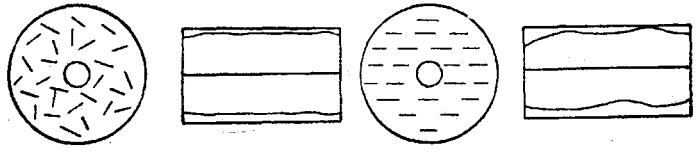


图 5.2　针状磁粉在磁带和软磁盘中的取向及对输出幅度的影响

由于对磁粉取向要求的不同，涂磁带时在涂布机上装有排磁装置（Orientation System 或 Orientation Magnets），使磁粉沿带长方向排磁；而涂软磁盘的涂布机要装乱磁装置（Deorientation System），使针状磁粉尽可能任意取向。因为针状磁粉在涂布过程中被涂布头匀平时产生机械排磁，必须用乱磁装置消除这种机械排磁现象；

（3）涂敷很薄的介质层时，如 2MB 3.5 in 软磁盘还需要在盘基上打底层，这使得涂布工艺更加复杂化；

（4）录音带、录象带虽然对于丢失信息（漏码）也有要求，但不像软磁盘那样不允许有漏码。质量差的磁带可以降级使用，但质量不合格的软磁盘则只能报废。因此，软磁盘对产品的质量要求更为严格。

正是由于上述原因，所以可以涂布磁带的厂家不一定能涂软磁盘，更不能涂高密度软磁盘。和软磁盘的后道加工相比，涂布工序是设备投资大，技术难度高，工艺控制复杂的关键工序。

涂敷质量良好的软磁盘需要的条件是：

（1）合适的磁浆配方及原材料；

（2）良好的磁浆分散设备和分散工艺；

（3）能严格控制磁层厚度的涂布机；

（4）良好的压光设备和压光工艺控制；

（5）净化等级足够高的厂房。

有关涂布工艺，在《数字磁记录介质》一书中已有详细讲述，这里只作简要介绍。

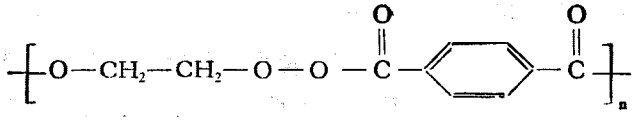
第二节　软磁盘盘片及磁浆用原材料

一、盘基用聚酯薄膜

聚酯（Polyester）的全名是聚对苯二甲酸乙烯酯，最早由美国杜邦公司发展起来的，称为 Mylar，国内也称涤纶膜。

聚酯膜是热塑性薄膜中韧性最大的，能在较宽的温度范围内保持优良的物理性能。可在120℃下长期使用，在150℃下可短期使用，在 −200℃ 液氮中仍是柔软的。与其它高聚物薄膜相比，聚酯膜具有屈服点高，抗冲击，厚度均匀，平整性好，表面光滑，静电少，耐磨损，耐化学溶剂，耐热耐湿等许多优点。所以，现在所有的磁带、软磁盘均用它做磁层载体。

聚酯的结构式为：



软磁盘要求其盘基热膨胀、湿膨胀及其它机械性能各向同性，所以采用所谓平衡膜。将聚酯切片经熔融后浇铸成厚膜，双向拉伸而制成薄膜。平衡膜先横向（TD）拉伸，再沿机器方向（MD）拉伸，这样膜的两个轴向的物理特性大体相等，可以保证在改变环境条件时圆形磁道基本不变形。而磁带使用的强力膜，先机器方

向拉伸，后横向拉伸．前者取向度大于后者．表 5.1 给出了软磁盘用的聚酯膜的典型特性数据．

表 5.1 软磁盘用聚酯膜典型特性

项　目		单　位	指　标	测试方法
薄膜厚度		μm	75	
抗张强度	MD	kg/mm²	≥22	ASTM D882-67
	TD	kg/mm²	≥22	同上
相对伸长率	MD	%	≥80	同上
	TD	%	≥80	同上
伸长率 5% 应力		kg/mm²	≥10	同上
热伸缩率				
105℃	MD	%	≤1.5	ASTM 1204
	TD	%	≤1.2	
	MD	%	≤3.5	
	TD	%	≤1.5	
静摩擦系数			≤0.7	ASTM D1894-63
动摩擦系数			≤0.7	
密度		g/cm³	1.37－1.40	ASTM D1505-68
热膨胀系数		mm/(mm·℃)	$17\pm8\times10^{-6}$	ASTM D696

二、磁浆用原材料

配制涂布磁记录介质首先用磁粉、粘合剂、溶剂和助剂配制成磁浆 (Magnetic Slurry)，上述各种成分的作用及要求如下：

1. 磁粉 (Magnetic Powder)

磁粉在磁记录介质层中是记录信息的载体，是决定记录密度的主要成分，涂布法制造的磁记录介质，要改进记录密度，首先要从改进磁粉性能开始．例如记录密度不高的软磁盘用纯 γ-Fe_2O_3，而高密度软磁盘则用 Co-γ-Fe_2O_3，记录密度更高的软磁盘则需要用钡铁氧体磁粉或金属磁粉．软磁盘对磁粉的要求为：

(1) 高矫顽力；

(2) 较小的颗粒尺寸；

(3) 为了减小机械排磁，使用轴比小的磁粉；

(4) 孔洞缺陷尽量少，晶粒要完整，比表面积要小；

(5) 低吸油率；

(6) 易在粘合剂中分散等。

2. 粘合剂 (Binder)

粘合剂的作用是把一粒粒磁粉粘合在一起，并将其牢固地粘在盘基的表面上。

磁记录介质对粘合剂提出了种种要求，有些要求是相互矛盾的：

(1) 粘合力强，对磁粉有很好的分散性；

(2) 与盘基结合力强；

(3) 玻璃化温度高，固化后耐磨损能力好；

(4) 固化后电阻率低，摩擦系数低；

(5) 固化后化学性能稳定，不易老化变质。

由于很难找到一种粘合剂完全满足磁记录介质的各项要求，所以无论是在磁盘或是磁带用的磁浆中，大多选择两种或两种以上的粘合剂，从而使性能相互补充。

目前软磁盘广泛采用的粘合剂是聚氨酯粘合剂和乙烯系列粘合剂。

聚氨酯粘合剂具有高的粘着性，弹性好，具有高的耐磨损性能和稳定性。但是对磁粉的分散力差。在乙烯系列粘合剂中，以氯乙烯-醋酸乙烯-乙烯醇共聚物用得最广泛，通常称为三元胶(美国商品名称为 VAGH)。这种材料与聚酯膜有很强的粘着力，与聚氨酯粘合剂相溶性好，磁粉易在其中分散。但是，单纯用 VAGH 时，磁层的耐磨损性能不足，把聚氨酯与 VAGH 混用可以互补彼此之不足。

3. 溶剂 (Solvent)

有机溶剂的作用是溶解粘合剂，湿润磁粉，稀释磁浆。使磁

浆有良好的流平性，涂布后介质表面平滑．因此，要求溶剂对粘合剂有良好的溶解能力，挥发性适中，无毒．常用的有机溶剂有四氢呋喃（THF），甲基异丁基酮（MIBK），甲乙酮（MEK）和甲苯等．

4. 助剂（Additives）

助剂也称添加剂，在磁浆中加入量较少，但能对磁性层的某些性能起很大影响，是必不可少的成分．常用的助剂有：

（1）分散剂（Dispersing Agent）　其作用是帮助磁粉在磁浆中分散，防止磁粉聚集成团．常用的分散剂有卵磷脂，大豆磷脂，胺类及其衍生物；

（2）抗静电剂（Antistatic Agent）　磁层中主要成分是磁粉、粘合剂，这些材料的电阻率都很高．在软磁盘工作时，介质与无纺布摩擦产生静电会造成静电积累使介质产生漏码，并有可能使磁盘转速降低．为了避免发生这种情况，在磁浆中加入导电碳黑，提高导电性能．通常要求磁层表面电阻在 $10^9\ \Omega/cm^2$；

（3）抗磨剂（Antiwearing Agent）　磁层中加有抗磨剂，可以提高磁层的硬度，防止磁头的铁芯划伤磁盘表面．在这一方面抗磨剂有如建筑物中的钢筋（图 5.3）．抗磨剂是硬度较高的磨料，

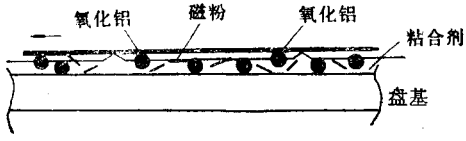


图 5.3　抗磨剂 Al_2O_3 的作用

如 Al_2O_3，Cr_2O_3 等．抗磨剂的另一个作用是：可以清洁磁头表面，去除粘结在磁头上的粘合剂，磁粉等附着物．但抗磨剂颗粒不能太大，以防磨损磁头；抗磨剂亦不可加入过多，因为抗磨剂是非磁性材料，加入过多会降低介质磁性能，从而降低信号输出幅度，并加大噪声；

(4) 润滑剂 (Lubricant)　有关磁记录介质摩擦学 (Tribology) 的研究表明，软磁盘和磁带被磁头磨损的过程并非一点一点或一层一层地磨掉、变薄而损坏. 其磨损是由于在记录介质高速运动时与磁头摩擦而发热，使得磁层升温，温度升高值 $T-T_0$ 与介质的摩擦系数 μ 成正比:

$$T - T_0 \propto \mu \tag{5.1}$$

当温度升高到磁层中粘合剂的玻璃化温度时，磁层开始软化，而部分粘合剂被磁头表面粘连，变粗糙的磁头将划伤软化的介质表面. 显然，降低介质的摩擦系数是提高耐磨损特性的根本措施. 这就是为什么要在磁浆配方中或在磁层表面上加润滑剂的原因.

在磁浆里加润滑剂，当磁浆中的溶剂挥发后，润滑剂会留在磁层里，并会从磁层向表面迁移，从而起到润滑作用. 由于软盘片在外套内转动时衬里无纺布会吸走表面的润滑剂，所以通常软磁盘的磁浆中润滑剂的加入量大于磁带中的加入量.

软磁盘配方中加入的润滑剂有长链脂肪酸，二甲基聚硅烷、氟碳化合物(俗称氟氯油)等.

将软磁盘片浸在氟氯油的氟里昂溶液中，然后让氟里昂挥发掉，在磁层里可以渗进一部分氟氯油. 还可以在涂布磁层之后表面上涂上一层润滑剂.

第三节　磁浆配方及制备

一、磁浆配方的设计原则

软磁盘的涂布要达到如下目的:

(1) 在要求的记录密度下有良好的电磁变换特性，即有高的信号幅度、分辨率，低的调制噪声和重写噪声;

(2) 高的成品率，即要求缺陷少，误码少;

(3) 具有良好的耐磨损特性.

根据数字磁记录理论与实践，信号强度 e 与磁性能之间存在如下关系:

$$e \propto H_c \cdot B_r \qquad (5.2)$$

式中 H_c 为磁介质的矫顽力，B_r 为剩余磁化强度。

为了提高 B_r，就要增加磁浆中磁粉的含量，减少粘合剂用量；但减少粘合剂比例又会降低耐磨损寿命。

为提高磁层耐磨损寿命，应提高聚氨酯粘合剂的比例，但这样做又会使磁粉分散困难，表面粗糙，信号分辨率下降。

又如，为提高磁层耐磨损寿命，应当提高抗磨剂含量；但过多时会造成相应磁粉比例下降，信号幅度下降，而且磨料过多会磨损磁头。

总之，过分强调改善某一种特性而不适当地提高一种成分的比例，就会影响其它性能。因此，要统筹兼顾，适当折衷。这就是设计配方的原则。

图 5.4 总结了各组分的作用以及改善电性能，磁层牢度，磁粉分散性，流平性的途径。

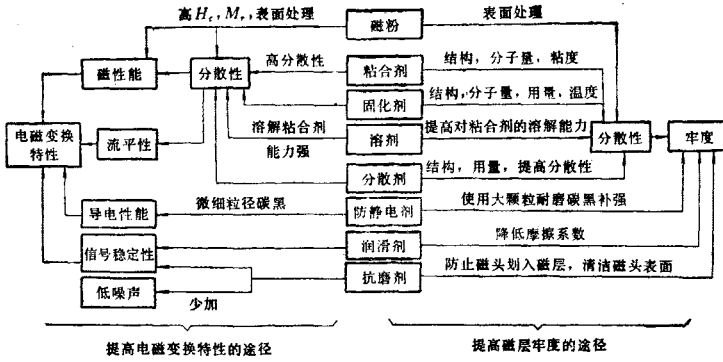


图 5.4 磁浆组分的作用及提高磁性能的途径

二、磁浆配方举例

根据上述原则，软磁盘磁浆配方大致有如下成分：

固体组分名称	重量百分比含量(%)
磁粉	60—70

分散剂	2—3
抗磨剂	1—3
润滑剂	2—4
碳　黑	2—4
聚氨酯	10—20
乙烯系树脂	5—10

有机溶剂为总固含量的 2—3 倍.

以上各种成份的比例要根据选择的材料种类以及设备情况由实验来确定. 涂布好的宽带经冲裁、抛光后考察其电磁特性及耐磨损特性.

BASF 软磁盘的原则配方举例如下:

原材料	重量比(%)	体积比(%)
γ-Fe_2O_3	75.78	44.11
聚氨酯	12.63	29.02
乙烯系树脂	6.31	14.51
碳黑	2.27	3.48
大豆磷脂	1.52	4.00
润滑剂	1.52	4.88

(U. S. P. 4, 320, 171)

三、磁 浆 配 制

1. 磁浆制备工艺流程

磁浆的制备过程即是将磁粉充分地分散在粘合剂及有机溶剂中的过程. 这一过程的困难在于磁粉是无机氧化物，而粘合剂是有机高聚物;磁粉颗粒极细,彼此又因磁力相互吸引成团，在粘合剂中极难分散. 为了配制成分散均匀,流平性好,不易沉降的稳定的悬浮体,通常采用如图 5.5 所示流程.

将磁粉、分散剂和部分粘合剂溶液在高粘度下进行预分散,此工艺是在高速搅拌器中进行的. 预分散物和其余的粘合剂及其它助剂送入砂磨机中进行砂磨分散，分散均匀的磁浆加溶剂稀释后

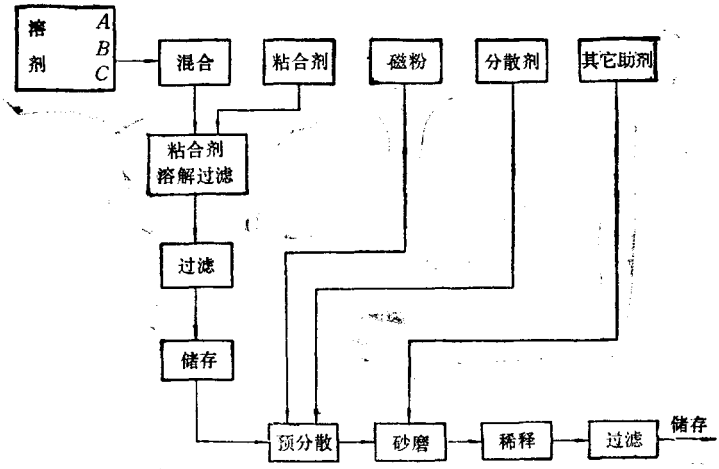


图 5.5 磁浆配制工艺

经过滤掉大颗粒团块进入储槽待涂布。

2. *砂磨机简介*

配制磁浆的主要设备是砂磨机，砂磨机分立式和卧式两种，现

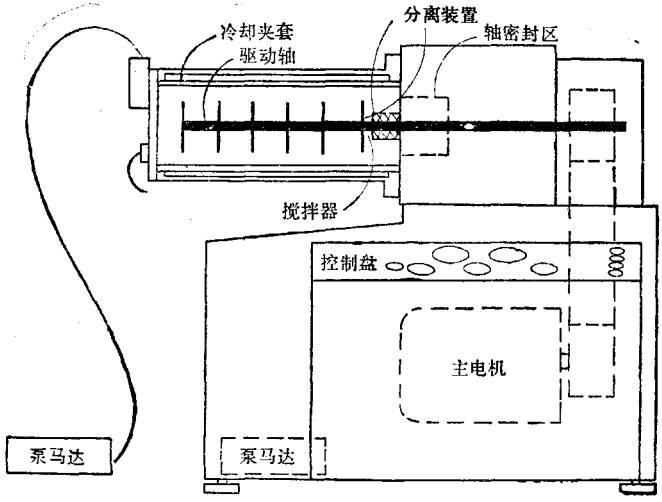


图 5.6 卧式砂磨机主要部件

在生产中多采用卧式.

砂磨机中充填有粒度为 ϕ1—2 mm 的分散介质，随砂磨机搅拌器的高速转动进行离心运动使磁粉得以分散.

卧式砂磨机主要结构部件见图 5.6 所示.

卧式砂磨机的优点是研磨效果好，能增大磁浆处理量.

做研磨介质的小球，通常有玻璃球、陶瓷球和钢球等，根据配方要求进行介质种类和尺寸的选定.

磁浆分散的终点可以根据研磨过程中的温度变化及在 100 倍显微镜下观察磁粉分散状态或测定电磁性能来确定.

四、磁浆的过滤

磁浆的过滤是涂布法制造磁记录介质的重要工序之一. 通过过滤这一步骤可以除去磁浆中的大颗粒不溶性杂质，滤除未分散好的磁粉团及胶团.

通常多采用三级过滤，以提高过滤效果. 第一级为粗滤，第二级采用 3—5 μm 孔径的过滤介质，第三级采用 1—2 μm 孔径的过滤介质. 目前国外先进的工艺中过滤器为箱式，采取整体更换的方法，减少环境污染，保证了操作环境的洁净度.

第四节　涂布机和涂布工艺

一、涂布机 (Coating Machine)

将磁浆涂布到带基或盘基上的设备称涂布机. 涂布机是磁带、软磁盘涂布厂家的主要设备. 软磁盘用的涂布机由以下几个主要部分组成:

(1) 放带辊，供带基涂布;

(2) 带基清洁装置，除尘、除静电;

(3) 涂布头，涂磁层;

(4) 乱磁装置，消除涂布时的机械排磁;

(5) 烘干道，电热或风干磁层中有机溶剂;

(6) 收卷装置，将涂好干燥的母带收卷整齐。

(磁层的压光机过去常安装在涂布机内，但现在先进的涂布机大多不包括压光机，压光工艺单独进行)。

涂布工艺对设备有以下要求：

(1) 涂布头加工要极其精密，以保证涂层厚度公差；

(2) 从放带到收卷需要恒定的张力控制，所以需要有良好的张力控制系统；

(3) 为减少灰尘引起的漏码，涂布机应放在高度净化的环境条件下工作；

(4) 涂布干燥时大量的有机溶剂挥发，要采取严格的防爆措施；

(5) 软磁盘要在两面均涂有磁层，为避免划伤介质表面，要求在烘干过程采用气流浮动式烘干道。

二、涂布工艺和设备的改进

近两年来随着软磁盘记录密度的提高，磁层厚度已减薄到仅 1 μm。因此，涂布工艺及涂布设备都进行了改进，以便得到的软磁盘在电磁性能上满足使用的要求。

1. 厚度均匀、薄磁层的涂布

为了满足高密度软磁盘的要求，涂布机涂布时厚度控制是必不可少的环节。涂布机安装有检测磁层厚度和重量的装置，并反馈信号以调节磁浆粘度的方法控制磁层厚度，从而保证大批量生产中涂层厚度的均匀性。

为了保证磁层均匀，除了改进磁浆配方，改善磁浆的流平性之外，先进的涂布机涂布线速度在不断提高，高速涂布对于涂布触变性能很强的磁浆，以得到薄而均匀的磁层是极有效的。目前国外已有几家著名厂家采用了高速涂布机。

2. 多层涂布工艺及多涂布头涂布机

2MB 3.5 in 高密度软磁盘的结构要求在盘基上先打底层，再涂磁层，有时磁层上还要涂润滑层．其结构示意见图 5.7.

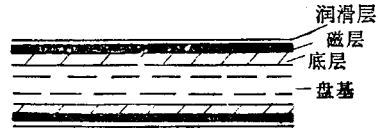


图 5.7　2 MB 3.5 in 软磁盘盘基结构

为了解决多层涂布的要求，现在发展了一种三个涂布头的涂布机．其涂布流程如图 5.8 所示．详细涂布工艺在第七节中还将具体讨论．

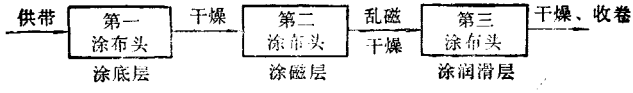


图 5.8　多头涂布机涂布原理工艺图

3. 电子束固化技术 (Electron Beam Curing)

近年来涂布工艺上的另一项改进是采用了电子束固化技术．这种技术是利用高压电子束装置发射加速电子，引发粘合剂分子的固化反应，达到加速进行的目的．这种技术可以精确地控制固化程度，减少溶剂量，减少污染，提高最终软磁盘磁层质量．电子束固化过程可以和涂布同时进行，使得生产效率大大提高．

第五节　磁层的压光

磁带和磁盘用宽带涂布烘干后，要经过压光机压光处理，宽带的压光及盘片的抛光都是使磁层表面光洁的重要步骤．抛光的作用我们将在第六章详细讨论，压光的作用是：

(1) 磁浆在烘干过程中，溶剂迅速蒸发，使磁层变得疏松，经压光可使磁层致密化，提高磁层单位体积内的磁粉量，以提高输出

信号幅度，减少噪声；

（2）涂布后的磁层表面仍有磁粉颗粒或胶团外露．因而凹凸不平．压光可以消除这一现象，使表面平滑，可以大大改善磁性能，减少误码率，提高成品率；

（3）压光可以减小介质的摩擦系数，不但可以减小介质对磁头的磨损，也可以增加介质本身的寿命．

图 5.9 表明了压光作用原理．

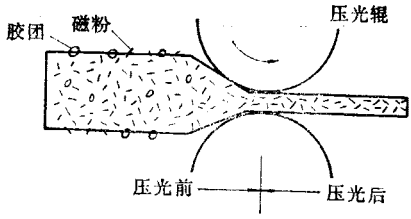


图 5.9　压光作用原理

介质的压光是利用压光机压光辊的巨大压力实现的，为了避免压光过程中压坏磁带的磁层，通常压光辊采取刚性辊和弹性辊交替安装．刚性辊是表面光洁度极高的镀铬钢辊，辊心通以热介质以便对磁层进行热压光．弹性辊则采取棉花或纤维高压压制，再将表面抛光而制成，辊子具有一定的弹性．高精度压光机辊间压力可达 350 kg/cm．

磁层的压光效果与以下因素有关：

（1）磁浆配方　分散性良好，流平性良好的磁浆涂布后压光前磁层表面状态已较好，因此压光后效果会很好；反之，磁浆分散不良，介质表面粗糙，单靠压光机压光是达不到预期要求的；

（2）磁层涂布厚度均匀，带基厚度均匀；

（3）压光机辊数（压光次数）、压光辊表面光洁度，压光压力大小；

（4）压光温度控制　从早期的 8 in 软磁盘到近期的 2MB 3.5 in 高密度软磁盘可以看出，随着记录密度的提高，对压光条件要求越来越高．记录密度低的软磁盘涂布后不经压光，只靠抛光处理就可以达到其电磁性能的要求；而现在高密度软磁盘的表面已达到了镜面光洁的程度．

对涂布介质压光效果的检查，最简单的是目测其光滑程度．

还可以用光学仪器检查表面光洁度。此外，用软磁盘测试仪，测试介质的电磁性能，根据输出信号幅度，分辨率，调制等指标比较判断介质的压光效果。

有关测试电、磁特性，检查介质压光质量的问题还将在以后章节中详细讨论。

第六节　盘片的冲裁及热处理

涂布宽带经压光之后分切成一定的宽度，用冲床及专用模具冲裁成圆片。5.25 in 软磁盘在冲裁时连同中心轴孔及索引孔一齐冲裁下来(见图 5.1)，冲床连续冲裁的速度可达 120 片/min。

应当注意的是，宽磁带压光收卷之后，特别是成卷放置一段时间，由宽带冲下的盘片会呈现弯曲状态。弯曲的盘片会造成软磁盘工作时与磁头接触不良。在 Media Logic 2000 磁盘分析仪上测试表明，弯曲的 5.25 in 软磁盘片负调制 (Negative Modulation) 数值可达 10%。弯曲的 3.5 in 软盘盘片上了金属环后仍不能矫正其弯曲，导致电磁性能下降。

为了解决宽带弯曲造成的盘片弯曲，在冲裁之前应使宽带通过一个加热通道，消除应力，或在冲裁成片之后在 50—60℃ 下加热处理几十小时，以消除应力。

盘片冲裁之后送到后加工工序或软盘加工厂加工之前应将其按特定要求，将盘片放在塑料盒中，每 500 或 1 000 片装一盒。上下均用泡沫塑料挤紧，避免运输过程中盘片相互摩擦造成磁层表面划伤。

第七节　涂布工艺的质量控制

如前所述，盘片质量对于软磁盘最终产品的质量、成品率影响很大。所以对涂布工艺过程中的每道工序均应严格控制质量。表 5.2 中列出了从原材料开始到冲裁成盘片各工序的质量控制内容。

表 5.2 软磁盘涂布加工工艺质量控制

工 序	测 试 项 目
1.原材料	
磁粉	矫顽力、剩磁、比表面积、吸油率
盘基聚酯膜	厚度、密度、外观
2.磁浆制备	分散性、粘度
3.涂布	厚度、外观
4.压光	光洁度、矫顽力
5.冲裁片	外观、毛刺、弯曲
	抛光后检查耐磨损寿命、电磁特性和合格率

对于冲裁好的盘片的测试，除了外观检查应在抛光前进行之外，电性能参数要在抛光之后进行。电性能检查项目及要求完全是按照 ISO 或 ANSI 对相应品种的标准进行的，有关测试标准参见第八章。

第八节 提高软磁盘容量和软磁盘寿命之间的关系

一、提高涂布介质容量中的技术问题

我们曾在前面指出，软磁盘的发展方向是不断地提高记录密度和存储容量。那么为什么不把记录密度提得更高呢？对于涂布制造的软磁盘而言，有什么技术困难限制了容量的提高呢？我们在结束这一章时把这一问题讨论一下，为今后研究涂布介质找出个方向。

目前实现工业化的软磁盘中，记录密度最高的是 2MB 3.5 in 软磁盘，位密度达 17 000 bpi。再提高遇到的困难是：

(1) 记录密度达到 17 000 bpi 时，磁层厚度已薄至 1 μm，若再提高记录密度需进一步减薄磁层，从涂布技术而言是困难的；

(2) 介质越薄，磁层的耐磨损能力越差。图 5.10 给出了磁层厚度与磨损时间的关系。从曲线关系可以看出 1 μm 厚度的磁层寿命已经较低了，或者说已到了寿命的极限，如再减薄磁层，寿命还会减少；

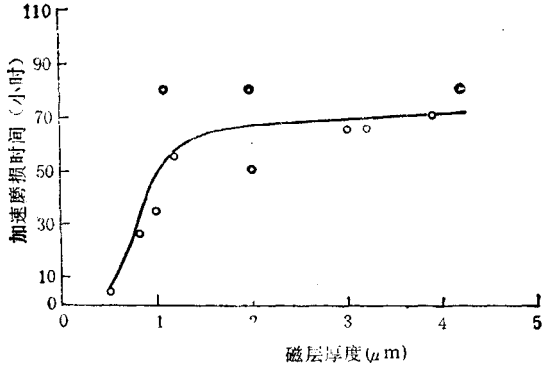


图 5.10 涂层厚度对介质寿命的影响

(3) 记录密度越高，介质输出幅度越小，从而越要求磁头与介质表面有良好的接触，这就越加大了介质的磨损。例如：2MB 3.5 in 软磁盘内磁道信号平均幅度为 1—1.5 mV，再降低输出幅度就很难可靠地检出信号。

从以上分析我们可以知道，提高密度除了会使输出幅度小到难以检出的程度，还会在介质寿命上遇到困难。如何在很薄的介质磁层情况下提高使用寿命，这是近年来摩擦学中开展的新课题，是磁记录介质的一个新领域。

近几年在软磁盘的研究上摩擦学的研究取得了如下进展：

(1) 研究了软盘的磨损机理；

(2) 研究了影响磨损特性的因素，这些分析有助于设计良好的磁浆配方；

(3) 研究了加速磨损试验的方法。

下面我们重点介绍一下磨损机理以及影响软磁盘寿命的因素。

二、介质磨损机理及寿命问题

1. 介质磨损的原因

软磁盘驱动器磁头铁芯是 Mn-Zn 铁氧体材料，磁头的骨架

是钛酸钡陶瓷材料．铁芯和骨架材料的硬度是软磁盘磁层硬度的100倍以上．

磁头在制造过程中表面曾经过几次抛光，以提高其光滑程度．但是即使抛光效果再好，表面粗糙度仍为 30—50 $Å_{rms}$．

软磁盘介质层经压光、抛光之后表面虽然很光滑，但即使是良好的高密度介质，表面粗糙度还为 100—300 $Å_{rms}$．

盘片在驱动器中工作时，以每分钟 300 转或 360 转的速度对于磁头做相对运动，在此过程中实际上是磁头的粗糙表面与介质的粗糙表面相互摩擦的过程．磁头通过磁头上的弹簧受正压力 N，这时介质受到的摩擦力为 F，则介质的摩擦系数 μ 为

$$\mu = \frac{F}{N} \tag{5.3}$$

在弹簧压力 N 固定的情况下，介质的摩擦系数越大，则受到的摩擦力越大，而介质受到的磨损越严重，寿命越低．而对于磁头来说，介质越粗糙，则对磁头的磨损越严重．

因此，不论从介质寿命来考虑，还是从磁头使用寿命来考虑，都应当设计良好的磁浆配方和改进分散工艺、涂布工艺及压光、抛光工艺，来降低介质的摩擦系数 μ．

2. 介质被磨损的过程

当把软磁盘放入驱动器工作时，不断记录磁道平均输出信号幅度的变化，用显微镜观察磁头表面铁芯缝隙附近的状态，以及测量介质表面粗糙度，可以得出如下结果．

输出信号幅度随工作时间周期性地起伏，最后降低至漏码门坎以下；介质的调制噪声也随之起伏，最后加大（加速试验见图5.11）．当信号降至低点时用显微镜可以观察到铁芯缝隙附近有粘附的黑色污物，这是从介质表面粘连下来的粘合剂和磁粉（见图5.12）．

对于上述现象可以作如下解释：在软磁盘工作的初期，由于

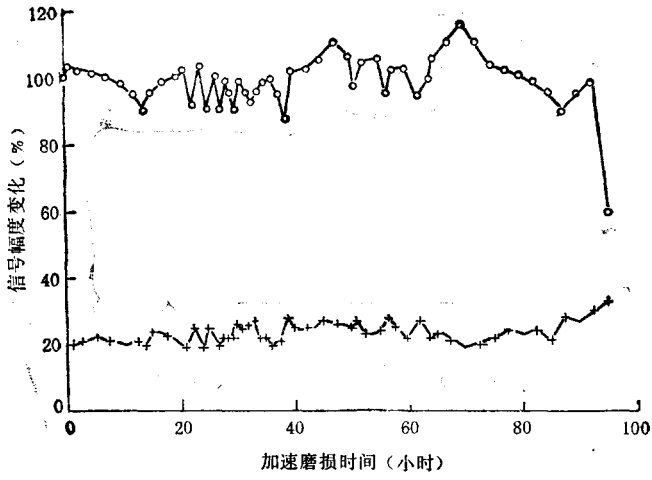


图 5.11　介质输出信号幅度随磨损时间的变化

○—○信号幅度变化曲线；　+—+信号抖动曲线

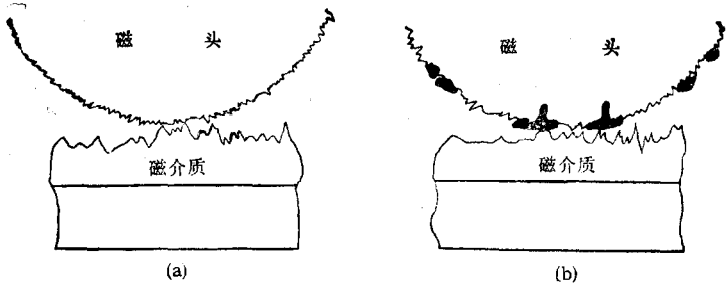


图 5.12　介质与磁头的接触与磨损

(a) 介质与磁头接触；(b) 介质与磁头相互磨损

磁头表面较介质光滑，而且硬度也比介质大，所以相互摩擦是对介质表面的抛光过程，因而开始时介质表面粗糙度减小．但随着工作时间的增长，摩擦作用反复进行，在所测磁道上摩擦产生的热使介质升温．当温度升至磁层的玻璃化温度 T_g 时，磁层软化，磁层中的粘合剂和磁粉被磁头表面粘连下来．磁头缝隙附近的污物加

大了磁头与介质间的距离，使信号幅度下降。

粗糙介质表面，特别是有抗磨剂 Al_2O_3 或 Cr_2O_3 露出的部位，对磁头表面有抛光作用。当把磁头表面的粘附物抛光掉之后，磁头与介质的间距减小，信号幅度 TAA 又上升。

上述过程反复进行，磁层越来越粗糙，摩擦力越来越大，一直到磁道局部出现漏码，某一扇区或整个磁道不能使用为止。

3. 介质温度升高实验

Bawder 提出了由于介质和磁头摩擦生热，造成介质温度升高的公式：

$$T - T_0 = \frac{\mu W g v}{4aJ} \cdot \frac{1}{k_1 + k_2} \tag{5.4}$$

式中 $T - T_0$ 为温度升高值；

μ 为动摩擦系数；

W 为接触荷重；

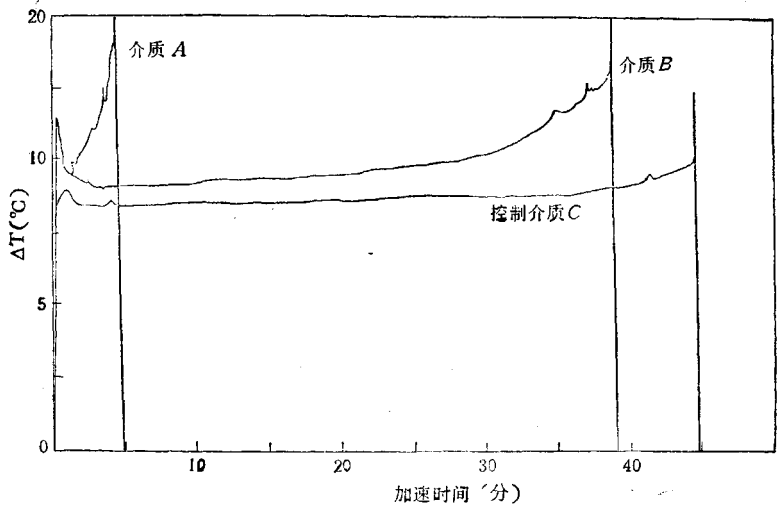


图 5.13 磁头-介质磨损温升试验

g 为重力加速度；

a 为接触时的圆半径；

k_1，k_2 分别为相接触物体的热传导率；

v 为相对速度；

J 为热功当量.

从公式中可以看出，介质摩擦系数越大，则温升值 $T - T_0$ 越高.

美国 Steinberg 公司发展了一种测试软磁盘表面在工作中温度升高的设备，可以加速测试软磁盘的耐磨损性能，称为加速热试验测试仪 (Accelerated Thermal Tester). 在这种设备上，磁头内装了一个小型热敏元件，测试表面温升情况，测试结果如图 5.13 所示.

4. 影响磨损特性的因素

从以上分析的磨损机理可知：减少软磁盘磨损的关键是减小摩擦系数 μ 和提高玻璃化温度 T_g，减小 μ 就要降低粗糙度，要求磁粉颗粒小，磁浆分散良好，压光、抛光工艺良好.

影响磁层玻璃化温度的因素有：

(1) 粘合剂本身的 T_g；

(2) 采用几种粘合剂时，粘合剂比例不同，T_g 也不同；

(3) 涂布后介质烘干残余的溶剂会降低 T_g；

(4) 磁粉的添加量可使 T_g 略有提高；

(5) 其它助剂对 T_g 也有影响.

第九节 结 束 语

软磁盘片的质量决定了软磁盘的记录密度和存储容量，涂布工艺是十分重要的工艺环节.

无论在 ISO 标准还是 ANSI 标准中并未规定软磁盘耐磨损寿命的数据指标，但软磁盘的耐磨损寿命却是软磁盘用户最关心的指标之一. 因此，我们在配方设计中既要考虑到产品的电磁性

能，又要考虑耐磨损寿命。随着记录密度的提高，介质层越来越薄，这给配方设计和涂布工艺都带来新课题。

认真地研究磨损机理，找出影响磨损特性的因素，有助于设计电磁性能和耐磨损特性良好的配方及加工工艺。

Retro Workshop
果粉工作室

第六章 5.25 英寸软磁盘

第一节 引 言

自从 1976 年发展了 5.25 in 软磁盘以来，由于微型计算机迅速发展，使得这种软磁盘的产量迅速增长，到 80 年代末，达到了年产 20 余亿片的顶峰. 90 年代，5.25 in 软磁盘的主流产品的位置会逐步让给 3.5 in 软磁盘. 但是，由于 5.25 in 软磁盘的基数太大，所以总产量及需求量的减少只能是逐渐的，骤然减少是不可能的，其原因是：

(1) 目前全世界微型机装机量已上亿台，绝大部分都是采用 5.25in 驱动器. 这些用户不可能在驱动器尚能工作时就轻易更新；

(2) 5.25 in 软磁盘虽然不如 3.5 in 软磁盘小巧和结构合理，但毕竟便宜. 价廉则是吸引广大用户的重要因素. 在亚洲等不太富裕的地区，3.5 in 软磁盘使用量仍然较少.

我国的软磁盘生产厂中大部分是以生产 5.25 in 软磁盘为主，而且当美国许多软磁盘生产厂倒闭之后，5.25 in 软磁盘生产线有向亚洲，特别是东南亚迁移的趋势. 因此，5.25 in 软磁盘的生产就我国而论，有可能是继续扩大，而不是缩小.

5.25 in 软磁盘的生产技术是从 8 in 软磁盘技术的基础上发展起来的，可以说两者用的材料和工艺是完全一致的.

我们将在本章中详细讨论 5.25 in 软磁盘的结构，使用材料和生产工艺.

第二节 5.25 英寸软磁盘的结构

5.25 in 软磁盘是由盘片、外套 (Jacket) 两大部件构成的.

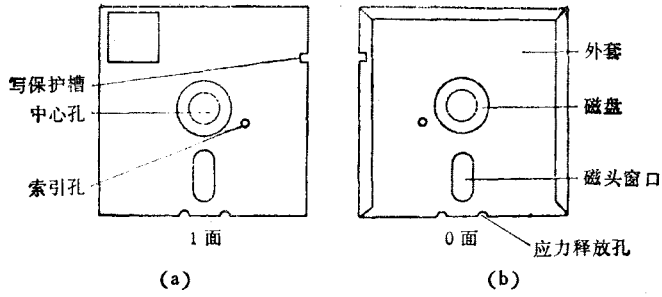


图 6.1 5.25in 软磁盘

外套内层为衬里（Liner），采用无纺布热压在聚氯乙烯（PVC）外套上。参见图 6.1。

一、盘片的结构

盘片为圆形，象一个圆饼，故国外也叫 cookie。如图 6.2 所示，盘片中心是轴孔，盘片上冲有一个索引孔。

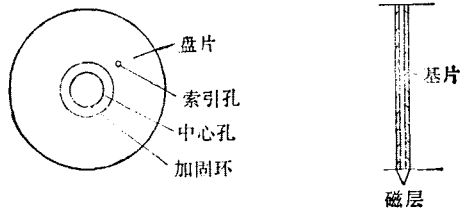


图 6.2 盘片的结构

当软磁盘放入驱动器时，驱动器的主轴上的夹紧装置通过轴孔将盘片轴孔边缘夹紧，让盘片随驱动器主轴转动。由于盘片使用时夹紧，不用时被卸下，因此轴孔边缘易折损。为了解决这一问题，在轴孔边缘（通常是在 1 面上）贴上一个聚酯材料的圆环，称为加固环（Hub Ring）。

但要注意，一般只是在格式化容量为 360KB 的双面倍密度软磁盘上贴加固环，而高密度 5.25 in 软磁盘上不贴加固环。这是因为高密度 5.25 in 软磁盘的磁道密度是 96 tpi，比 48 tpi 的倍密度盘磁道密了一倍。由于上加固环时有时不能保证与轴孔完

全同心，这样会影响高密度盘的找道精度，所以 96 tpi 高密度（HD）盘不上加固环。

如前一章所述，盘片是采用涂布法先将宽带双面涂布上磁层，然后再冲裁成片。不论记录密度高或低，目前使用的各种 5.25in 软磁盘均用厚度为 75μm 的聚酯膜做为盘基。盘基双面涂的磁层，其厚度是相等的。因为只有这样的盘片两面的应力才能相等，不致于弯曲变形，并且保证了两个面电磁性能的一致性。

5.25 in 盘片上有一个小孔，称索引孔（Index Hole），外套对应位置也冲有索引孔。其作用是盘片随驱动器转动，两孔重合时，驱动器中的发光二极管发出索引信号，通过索引孔而被检测到索引信号的位置即是一个磁道的开始位置。

盘片通常为黑色或棕黑色的，这是由于磁层材料中含有导电炭黑所致。

透过外套上的磁头窗口，可以看到盘片的工作区（即从最外磁道至最内磁道的区域）是均匀而光亮的。非工作区，从轴孔处观察，则比较粗糙。这是因为工作区在后道加工中经过抛光处理，使这部分表面平滑、光亮。在工作区域内不应有折伤、污迹、手印等，否则将导致信息丢失。

高密度和倍密度两种软磁盘，无论盘片和外套在尺寸上都是完全一致的，所不同的是盘片涂布的磁性层材料和磁层厚度上有所差别。倍密度盘采用的是矫顽力为 300Oe 的 γ-Fe_2O_3 磁粉，磁层厚度为 2.5—3μm，而高密度盘采用矫顽力为 650Oe 的 Co-γ-Fe_2O_3，磁层厚度为 2μm。

二、外套的结构

每一片软磁盘都有一个外套，盘片装入外套后将开口边封死。盘片可以在外套内转动。

软磁盘外套的作用是：

（1）保护作用　软磁盘无论是运输、存放、用手拿取时都要靠质地较硬的外套来保护柔软清洁的盘片。否则会将盘片压伤、折

损或弄脏；

（2）清洁作用　外套内衬有一层由无纺布制成的衬里，可以在软磁盘片转动时擦拭介质表面，去掉磁层的掉粉、磁头被磨下的碎屑和灰尘等污物。

软磁盘的外形就是外套的外形(图 6.1)，外套是用所谓平张外套对折、焊边而制成的，平张外套的外形如图 6.3 所示。外套上有中心孔、索引孔，其作用分别是露出盘片的轴孔，使盘片工作时卡紧在驱动器主轴上；供与盘片索引孔对齐，发出磁道开始的信号。外套上的磁头窗口是为了使驱动器的磁头能与介质相接触。在磁头窗口下边的两侧有两个应力释放孔，避免由于外套折叠产生应力，影响外套的平直。

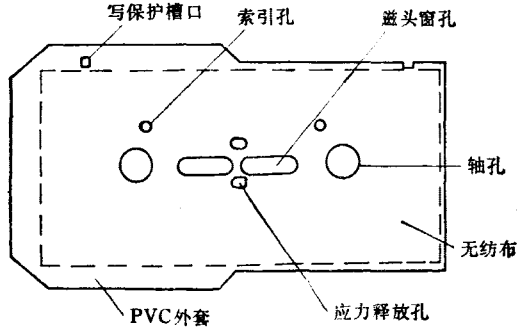


图 6.3　软磁盘外套的结构

在外套的一侧折边上开有一个写保护 (Write Protect) 槽口，其作用是当槽口用锡纸或塑料纸挡住时，盘片不能写入文件，只能读文件。而当槽口遮盖物取下，维持槽口呈开口状态时，才可写入文件。这样可避免在软磁盘操作过程中误将所需要的文件抹掉。

这里要提及的是，8 in 软磁盘也有一个写保护槽口，但其用法与 5.25 in 软磁盘写保护刚好相反，糊住槽口才允写，打开槽口呈写保护状态。

5.25 in 软磁盘有 0 面和 1 面的区分。0 面是指有折边的面，1 面是贴有标签的面。而软磁盘驱动器上双面磁头也有 0 面头和

1 面头之分。当驱动器平放时，0 面头是下面的固定头，1 面头是上面的加载活动头。当盘片插入驱动器时，一定要保持 1 面朝上，0 面朝下。驱动器中 0 面头和 1 面头读写缝隙位置不是对称的，48 tpi 的驱动器 1 面头位置比 0 面头向里相差 4 个磁道，而 96 tpi 的驱动器 1 面头与 0 面头相差 8 个磁道。

第三节　软磁盘外套用材料

5.25 in 软磁盘的外套由两种材料构成，外层是聚氯乙烯材料，内衬为无纺布。

一、PVC 硬片外套

软磁盘用的外套通常使用 PVC 塑料硬片，其性能要求如下：

(1) 厚度　通常有 0.254 mm，0.234 mm，0.21 mm 几种，

表 6.1　软磁盘外套用 PVC 材料典型数据

项　目	指　标	测试方法
比重	1.34±0.03g/cm³	ASTM D-792
热收缩率	53℃ 0.15%	
	60℃ 0.3%	
热变形温度	68℃	ASTM D-648
冲击强度	0.7ft-lb/mil*	ASTM D-3092
抗张强度	5 500 PSI**	ASTM D-638
抗弯曲强度	10 000—12 000 PSI	ASTM D-790
伸长率	140	ASTM D-882
透光率	0.5%max，在 940±10NM	
可燃性	自熄	ASTM D-568
吸水性	23℃ 24小时 0.08%	ASTM D-570
表面光泽	最大 3.6(60°)	ASTM D-523
表面粗糙度	190±50μin	

注：* 1 ft=0.3048 m；1 lb=0.4536 kg；1mil = 2.54×10⁻⁵m.
** 1 PSI = 1 lbf/in² = 6894.76Pa.

其中 0.234mm 厚度的材料最常用；

(2) 导电性能　高电阻率材料容易积累静电，吸引灰尘，会造成较多的暂时性漏码，通常要求用做软磁盘外套的 PVC 材料电阻率$\leqslant 10^{12}\Omega \cdot m$；

(3) 耐温特性　要求外套材料在 60—70℃不变形，以便在恶劣环境下运输、存放时不出现弯曲变形；

(4) 尺寸稳定性好.

以上几点是外套材料的主要要求. 通常在 PVC 中加入导电炭黑可以降低电阻率，故目前 5.25 in 软磁盘外套多为黑色. 近来也发展了彩色外套，这些外套材料中要加入有机抗静电剂来代替导电炭黑.

软磁盘外套用 PVC 材料的典型数据见表 6.1.

二、无纺布衬里 (Nonwoven Liner)

无纺布是作为外套的衬里材料. 无纺布的作用是保护磁记录介质表面，使其不与硬外皮材料直接接触，避免盘心旋转时被划伤；同时无纺布擦拭盘片，清洁掉表面的灰尘或碎屑以及其它污物，减少暂时性错误.

无纺布是用合成纤维(聚酯、维棉等)不经纺线而直接用热合或化学粘合而成的布，所以称为无纺布，在日本又称不织布.

采用热合法制造的无纺布具有各向同性的撕裂强度，手感松软，具有较强的清洁能力. 所以在软磁盘生产中广泛用作衬里材料. 生产这种无纺布的著名公司是美国的 Kendall 公司. 热合无纺布的缺点是容易掉落纤维毛，冲裁时也难以干净利落地加工出整齐的切口，所以在磁头窗口、轴孔易外露纤维毛.

化学粘合法是利用少量粘合剂，将合成纤维粘结在一起而成无纺布. 其它工业部门和商业部门所使用的无纺布基本上均采用这种方法制造. 这种方法制造的无纺布外露纤维较少，但手感较硬，清洁磁盘能力稍差. 在抗撕裂强度上，纵向强度较高，横向强度较低. 但是这种材料易于冲裁，不掉毛，制成软磁盘的外套后磁

头窗口，轴孔处不露纤维毛．所以有些制造厂也采用这种材料做衬里．

表 6.2 给出了无纺布材料的特性．

表 6.2 (a) 美国 Kendall 公司 9303 热合无纺布规格

项　　目	数　　据
纤维种类	维棉/聚丙烯
纤维比例	75/25
厚度 (μm)	250
材料重量 (g/m^2)	36
撕裂强度 (kgf/5cm)	1.8
电阻 (Ω)	5×10^{11}
静电衰减至 10% (s)	1.08
摩擦系数	
(相对于基准材料)	0.36

表 6.2 (b) 美国 HV 公司化学粘合无纺布规格

项　目	HOVO 1002	HOVO 1050	测 试 方 法
纤维种类	维棉/聚酯	维棉	
纤维/粘合剂比(%)	65/35	85/15	
纤维取向	延无纺布长	延无纺布长	
厚度* (μm)	180	225	ASTM D-1777
材料重量 (g/m^2)	37	37	ASTM D-1910
撕裂强度** (kgf/5cm)	8.9	8.9	ASTM D-1117
起始转矩 (oz · in***)	0.35	0.34	Vibrac 转矩仪
运行转矩(加载) (oz · in)	2.1	2.4	
动态摩擦系数 (MD)		0.31	
(相对基准材料) (CD)		0.32	
电阻率 (Ω · m)	6×10^{10}	2×10^{10}	在相对湿度 50%,18℃下测试

* 无纺布厚度采用 TMI 的 549M 量规，加载 945g，量规底脚直径 1 in.
** 测量撕裂强度样品尺寸 1×7 in，样品速度 12 in/min，量规长 3 in.
*** 1 oz = 28.3495g.

第四节　5.25 英寸软磁盘后加工工艺

一、工 艺 流 程

有关 5.25 in 盘片涂布工艺在第五章已详述，这里不再重复。图 6.4 介绍了从 PVC 硬片与无纺布层合开始的工艺流程。

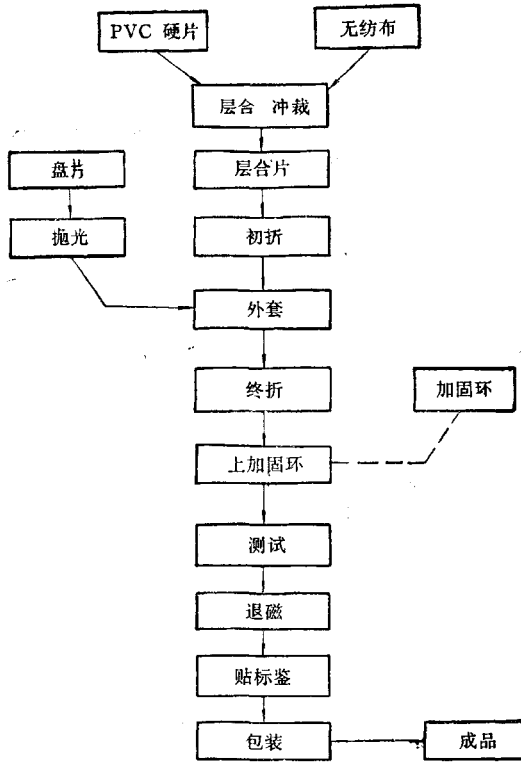


图 6.4　5.25in 软盘后加工工艺流程
注：加固环也可在测试后粘上。

二、PVC 硬片与无纺布的热合及外套成形

在制成软磁盘外套之前，要将 PVC 硬片与无纺布两者粘合

在一起．这样，能使无纺布固定，不致影响盘片在外套内的转动，但又要使无纺布保持松软，起到较强的擦拭作用．

将无纺布与 PVC 硬片热合在一起的设备叫层合机(Laminator)．层合机有两种，一种是层合冲裁好的 PVC 片，这种层合机是一片片热合 PVC 冲裁片和无纺布的．这种设备造价低，但生产效率低．另一种层合机是将成卷的 PVC 硬片和成卷的无纺布连续热合，然后以辊式冲模冲裁成片．这种设备可以连续式生产，效率很高，每分钟可生产 2 00 片平张外套．美国 Bernal 公司的层合机被软磁盘厂家广泛采用．

连续层合、冲裁工艺流程如下：成卷的 PVC 由放带辊供片，在应力消除装置中以红外线加热来消除卷曲产生的弯曲应力．PVC 片由拖动系统送到真空台上．成卷的无纺布展开后定位在充以静电的 PVC 硬片上．PVC 硬片连同无纺布向前进到热合工位，在热合工位金属加热辊将无纺布热焊到 PVC 硬片上．金属加热辊上有许多凸起点构成一定的图案，使外套四周、轴孔、磁头窗口、索引孔周围焊点较密，但无纺布主要部分仍然保持松软．

层合后的坯料用辊筒式冲刀冲出轴孔、索引孔、磁头窗孔及应力释放孔，同时切成如图 6.3 所示的形状，俗称平张外套．在表 6.3 中给出了裁切的平张外套的尺寸及精度的典型数据．

表 6.3 平张外套尺寸 (5.25 in 盘)

材 料	周 边		冲孔精度 (mm)
	长×宽 (mm)	精 度	
PVC	300×170	±0.254	0.127
无纺布	264×128.5	±0.254	0.127

PVC 与无纺布层合过程中有两点要注意：

(1) PVC 材料由于较厚，属于硬片，因此成卷放置时间较长时，特别在内层半径较小，应力不易消除．这时红外加热器要调节好功率，使应力充分消除，否则生产的平张外套弯曲，会使最终产品外套弯曲，这是不适宜的；

为了消除弯曲应力，ESD 公司采用热水代替红外加热，这种方式比红外加热法彻底，但 ESD 公司设计的层合机整体结构复杂，所以普遍采用的仍是 Bernal 公司的层合机；

(2) 辊筒式冲模要注意及时维修，否则无纺布冲裁不整齐，在磁头窗口及轴孔处会观察到纤维毛外露，这种质量的平张外套通不过外观检查，尽管这并不影响软磁盘的正常使用.

在外套加工中也有的公司不采取上述传统方法，而是采取两条无纺布分开，轴孔、磁头窗口附近没有无纺布. 这种加工方法当然不会出现露毛现象，但这种层合片的缺点是由于当中缺了一条无纺布，PVC 外套易于凹陷而略显不平，封口边易出现张口现象.

三、外套的折叠及盘片的装入

将平张的层合片折成像信封口袋一样的软磁盘外套的设备叫初折机 (Primary Folder).

初折机的形式有多种，但不论设计结构如何变化，必须完成以下三个功能：

(1) 平张外套层合片对折；

(2) 两侧边折 180°；

(3) 将两侧边与外套 0 面粘合起来.

初折边过程如图 6.5 所示.

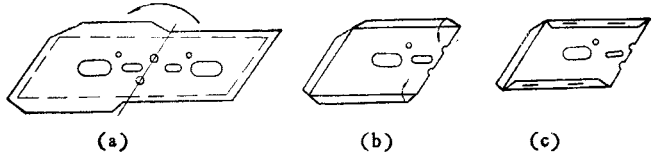


图 6.5 外套折叠过程

(a) 对折；(b) 折侧面；(c) 热焊

侧边与外套的结合可以采用热焊头焊接，也可以采用粘合剂粘接. 前一种方式有时焊点不牢；后一种方式容易漏出粘合剂，沾污软磁盘介质或外套. 所以各有优缺点.

折叠部位需要加热以消除应力．有的初折机先加热后折，有的则先折后加热．外套的尺寸是靠一个弹簧钢衬板来保证的．

图 6.6 是华源磁电有限公司初折机加工程序概要．

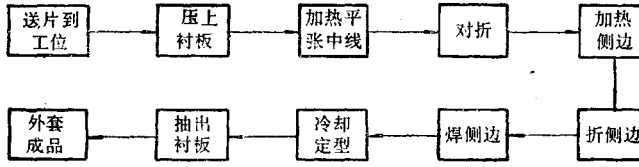


图 6.6　外套初折程序

上述程序是用微机来控制的．加热与折叠部件是靠气动元件传动，所以初折机是单机自动化的，每小时可折外套 400—500 个．

折叠时加热刀的温度及加热时间等各工艺参数要严格选择，以保证折叠的外套在形状及尺寸上达到要求．折边不直，整体弯曲，太厚或太薄等现象最终都会影响软磁盘的质量，要定时检查折成的外套质量．

我们在生产中采用自己发展的专用测试仪检查外套的质量，使外套的质量有了显著的改进．

折叠好的外套送到下一道盘片抛光工序，将抛光好的盘片自动装入外套之中．

四、外套的封口、上加固环及测试

盘片的抛光工艺，我们将在第五节中详细讨论，下面扼要介绍一下封口、上加固环及测试等工序．

1. 封口（终焊）

盘片经抛光之后，在抛光机上自动装入外套中，接着就进行封口．封口是在封口机上进行的，封口机也称终折机（End Folder）．终折机的工作原理和初折机一样，只是初折机要折三个边，而终折机只折一个边．终折机也是微机控制的单机自动化设备，靠气动

系统的动力使各部件运动.

终折后的产品要检查尺寸,如方正度、厚度，同时还要检查盘片在外套中的转矩. 终折折得过死或尺寸太小，会使盘片转动受阻,转矩加大.

2. 质量测试

生产的每一片软磁盘都要在鉴定仪上测试磁道质量，任何一条磁道有漏码或冒码都视为坏磁道，因而该磁盘视为拒收废品.

为了保证产品的可靠性，通常以 60% 漏码门坎做为一等品的标准（ACT 商标).

更重要的是,要经常对鉴定仪进行维护,用 PTB 二次基准盘校准测试仪，否则会造成误检. 有关软磁盘质量检验内容在后面有单独章节详细讨论.

3. 上加固环

在质量检测之后，双面倍密度软磁盘的轴孔边缘要粘一个加固环,以增强轴孔边缘抗折损能力. 上加固环机也是气动控制的,上加固环的要点是要上正,否则会造成找道困难.

4. 退磁（Degaussing)

软磁盘测试之后，会残留测试时写入的信号. 这些信号要用交流磁场使之抹除,以避免软磁盘到用户手里时,用户的驱动器磁头磁场强度不够大,抹不掉测试残余信号,造成读出错误.

第五节 抛 光 工 艺

一、抛光的目的

软磁盘的抛光是继涂布、压光之后的最重要的工序之一. 虽然涂布技术和压光技术不断提高，有些芯片不经抛光也可达到软磁盘电性能的要求. 但从提高可靠性和合格率来说，抛光工序是

不可缺少的．因此这里对抛光工艺进行专门的讨论．

对介质进行抛光可以达到以下目的：

（1）改善软磁盘的电学特性　经抛光之后介质表面光洁度提高，从而减小了磁头与介质的间距，使磁道平均信号幅度(TAA)，分辨率(RES, Resolution)，调制（MOD, Modulation）等参数会有不同程度的改善；

（2）提高产品的合格率　抛光可以消除介质表面粗糙、凸起及沾污等缺陷，因而减少了漏码和冒码，使产品合格率得到提高；抛光前介质表面越粗糙，电性能和磁道质量越差，则抛光的作用越显著；

（3）抛光能使介质表面光滑，减小摩擦系数，从而提高介质和磁头的寿命．

二、抛光效果的考察

在软磁盘的专用抛光机上抛光盘片，抛光效果可以通过几方面进行考察：

1. 目测

抛光良好的介质表面应当均匀，没有环形或辐射状条纹，这些条纹往往是抛光不足的表现．这里我们强调的是均匀，而不是十分光亮．十分光亮往往是抛光过度的表现．过度抛光容易造成划伤并使介质寿命下降．

有经验的抛光人员或质检员可以用这种简单的方法判断抛光质量．

2. 测试合格率

良好的抛光工艺可以使成品率达到很高的水平，特别是高门坎(漏码门坎≥60%，冒码门坎≤20%)一级品率较高．原材料芯片质量良好的情况下，抛光工艺良好，一级品率可达 90%以上．

3. 测试抛光参数

利用 Media Logic 公司的 ML-2000 分析仪抛光检验(Burnish Test) 的测试功能，可以仔细检验抛光效果，其原理如下：

测试每一个磁道的漏码电平，把漏码电平值 DO%TAA 作为该磁道的抛光分数. 例如，某一磁道的平均信号幅度为 TAA，该磁道中所有的信号不会是大小一致的，必然会有某一区域信号幅度最低，若为 SA_{min}，那么抛光分数则为：

$$\text{抛光分数} = \frac{SA_{min}}{TAA} \times 100\%$$

显然，被测磁道表面越均匀，则磁道中记录信号的最小值 SA_{min} 越接近于 TAA，而漏码电平 (DO%TAA) 接近于 100，则抛光分数就越高.

ML-2000 分析仪上抛光检验这一功能就是利用上述原理测试每一条磁道的抛光分数，并求出整个盘面抛光分数的平均值.

从大量盘片抛光检验数据中可以看出如下的规律性.

(1) 未经抛光的盘片，如果涂布和压光质量良好，各磁道抛光分值较高，每面平均抛光分数值也较高；

(2) 未经抛光的盘片，如果涂布和压光质量不好，磁层不均匀，有凸起或缺少磁层，或存在条纹和机械划伤等缺陷，那么磁道的抛光分数值会很低，也就是漏码电平会很低，因此每面平均抛光分数也较低；

(3) 抛光的作用是消除磁层表面凸起，减少缺陷，提高磁层表面光洁度，减少漏码. 所以经抛光后介质抛光分数会提高，提高的程度与抛光条件的选择有关. 由于盘片是正、反两面同时抛光，因此两面抛光分值不一定相同，会有分数高低的区分.

通常涂布、压光、抛光质量良好的盘片，每面的抛光平均分数在 95 以上. 表面质量不好的会低于 90 分.

因此，抛光分数这项测试是检查原材料盘片质量以及抛光工艺条件选择是否适当的有效方法.

表 6.4 未抛光的优质 5.25 in HD 盘片抛光分数测试

测试条件：测试面 0 面，测试磁道 00—79 道

磁道号	2F TAA (mV)	DO% TAA	磁道号	2F TAA (mV)	DO% TAA
00	5.18	94	35	4.33	90
01	5.16	89	36	4.28	92
02	5.10	93	37	4.31	93
03	5.13	94	38	4.24	93
04	5.09	93	39	4.19	92
05	5.00	95	40	4.22	93
06	4.97	94	41	4.13	92
07	4.99	93	42	4.08	93
08	4.98	91	43	4.05	93
09	4.93	92	44	4.03	93
10	4.86	92	45	3.96	93
11	4.90	93	46	3.95	92
12	4.93	94	47	3.89	93
13	4.85	94	48	3.86	92
14	4.79	94	49	3.83	88
15	4.80	92	50	3.84	93
16	4.76	90	51	3.76	90
17	4.76	93	52	3.74	93
18	4.70	93	53	3.69	91
19	4.78	86	54	3.69	92
20	4.76	94	55	3.62	93
21	4.65	90	56	3.58	92
22	4.66	92	57	3.56	92
23	4.65	93	58	3.48	92
24	4.65	93	59	3.46	92
25	4.59	93	60	3.45	92
26	4.56	93	61	3.41	91
27	4.52	90	62	3.37	92
28	4.55	92	63	3.29	92
29	4.51	83	64	3.28	92
30	4.51	93	65	3.20	90
31	4.45	87	66	3.19	93
32	4.43	93	67	3.13	92
33	4.37	94	68	3.07	88
34	4.36	91	69	3.05	91

续表 6.4

磁道号	2F TAA (mV)	DO%TAA	磁道号	2F TAA (mV)	DO% TAA
70	3.01	92	75	2.84	90
71	3.04	89	76	2.77	91
72	2.96	92	77	2.75	92
73	2.91	90	78	2.67	86
74	2.88	90	79	2.63	92

平均抛光分数 91.7
总测试点 80
总平均数 80 (无<70%TAA 点)

表 6.5 5.25 in HD 软磁盘抛光测试结果

测试条件: 测试面 1 面,选测磁道 00—09

磁 道 号	2F TAA (mV)	DO%TAA
00	5.38	94
01	5.37	94
02	5.35	92
03	5.27	93
04	5.24	94
05	5.23	93
06	5.21	94
07	5.17	92
08	5.07	94
09	5.10	94

抛光统计值

92% 2 个
93% 2 个
94% 6 个

平均抛光分数 93.4
测试点 10 个

表 6.4 举出一组数据实例来说明盘片表面质量所反映的抛光分数.

表 6.4 是一张 5.25 in HD 软磁盘在抛光前的测试结果,其涂布、压光质量较好.

表 6.6 5.25 in 倍密度软磁盘 0 面抛光测试数据

磁道号	2F TAA (mV)	DO%TAA	磁道号	2F TAA (mV)	DO%TAA
00	7.67	77	20	6.10	92
01	7.65	80	21	6.08	93
02	7.58	82	22	5.95	82
03	7.42	61	23	5.90	87
04	7.38	77	24	5.77	88
05	7.25	40	25	5.77	89
06	7.08	30	26	5.62	89
07	7.27	90	27	5.60	93
08	7.13	91	28	5.43	87
09	7.02	86	29	5.42	91
10	7.02	84	30	5.30	89
11	6.78	84	31	5.12	95
12	6.83	88	32	5.08	63
13	6.27	89	33	4.97	60
14	6.55	84	34	4.83	79
15	6.62	86	35	4.73	79
16	6.45	85	36	4.60	87
17	6.47	89	37	4.48	95
18	6.25	88	38	4.40	92
19	6.30	94	39	4.22	63

统计结果

DO%TAA	磁道数	DO%TAA	磁道数
77	2	89	5
79	2	90	1
80	1	91	2
82	2	92	2
84	3	93	2
85	1	94	1
86	2	95	2
87	3	100	
88	3		

平均抛光分数 87.1

抛光测试统计结果还可以用直方图打印出来。

我们抽测了压光好，抛光好的 5.25 in HD 软磁盘的 00—09 磁道，其平均抛光分数为 93.4 分．测试数据见表 6.5．

表 6.6 给出了涂布、压光质量均差的介质未经抛光测试出的抛光分值．

三、抛光工艺参数的选择

目前各软磁盘生产厂大多数采用立式软盘抛光机(Burnisher)以代替早期 Seabone 卧式抛光机．美国 Wescorp 抛光机广泛用于 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘的抛光上．这种设备结构合理，动作不复杂，抛光效果较好，每小时可抛 1 000 片左右．

美国 Wescorp 抛光机工作程序如下：

首先自动检查有无放入介质，时间 0.2 s．夹紧盘片 0.3 s，将抛光带靠到介质上，调定抛光带前进速度，对介质进行抛光．在调定时间内介质抛光完毕，自动送出．

这种抛光机最高转速为 2 500r/min，旋转速度可调，一般要求转速在 1 500—2 500r/min．

抛光时间的设定由程序控制器完成．

下面我们详细讨论抛光条件的选择及对抛光效果的影响．

1. 抛光材料

早期的抛光机采用的是抛光轮，这种轮子是陶瓷材料制作的．由于抛光轮表面粗糙，且与介质接触时缺少韧性，所以抛光效果较差，后来被抛光带所代替．

抛光带是由磨料涂敷在带基上制成的．抛光带的带基为 50μm 厚度的聚酯膜，抛光材料(磨料)为 Al_2O_3 或 SiC．

按抛光带磨料颗粒大小不同，抛光带在软磁盘生产应用中常用以下三种：

磨料粒径	标号(筛孔)
1μm	8 000
2μm	6 000
3μm	4 000

对于由于配方和压光不良，表面粗糙的介质宜选择粗粒度抛光带。而压光良好，表面光洁的介质宜选用粒度小的抛光带。

2. 抛光条件对介质质量的影响

抛光机的下列参数是可调的，它们对抛光效果均有不同程度的影响。

(1) 抛光速度；

(2) 抛光时间；

(3) 抛光带进给量；

(4) 抛光轮轴气压。

下面我们只讨论一下抛光时间对软磁盘电学参数的影响。

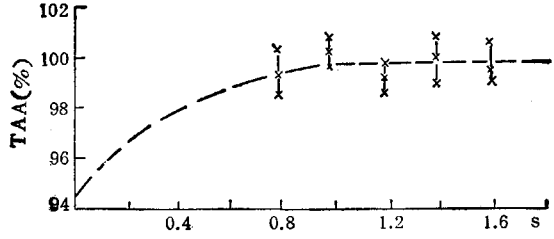


图 6.7　2F 信号平均幅度与抛光时间的关系

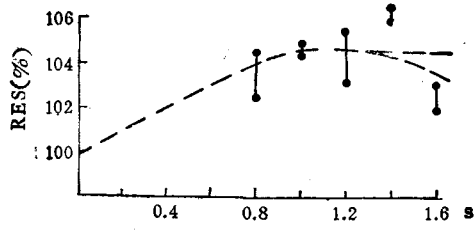


图 6.8　分辨率和抛光时间的关系

图 6.7 给出了抛光时间对信号输出幅度的关系，从图中可以看出随着抛光时间的增加，平均信号幅度提高，图 6.7 的试验介质样品，抛光时间达 1.0—1.2 s之后，信号幅度趋于平稳，不再升高，则此时间应为最佳抛光时间。

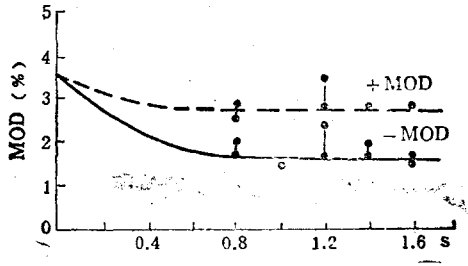


图 6.9　抛光时间与正负调制的关系

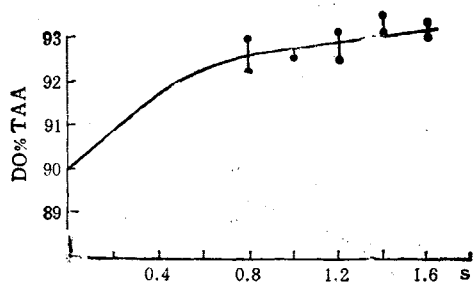


图 6.10　抛光分数平均值与抛光时间的关系

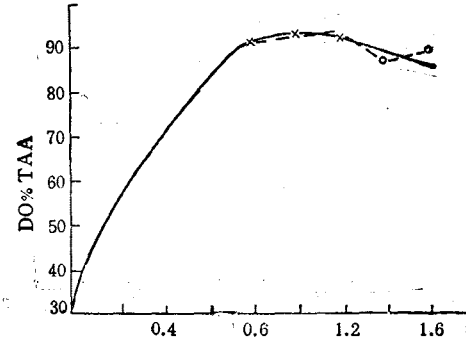


图 6.11　抛光时间对 DO%TAA 的影响

图 6.8 为分辨率随抛光时间的关系. 同样可以从图中找出最佳抛光条件 (1.0—1.2 s).

抛光时间适当可以使介质得到良好的调制数值(图 6.9),同时抛光分值随之提高(图 6.10), 但当抛光过程中出现抛光分数下降

时，说明抛光过度(图 6.11)，这种情况下磁盘的寿命和某些电学参数都会出现降级的趋势。

以上论述可以看出抛光时间的选择对抛光质量是十分重要的。不同厂家来源的盘片，由于配方及加工工艺不同，抛光工艺参数的选择也不同。

第六节 结 束 语

本章讨论了 5.25 in 软磁盘的生产工艺及关键工序对产品质量的影响。

5.25 in 软磁盘外套对产品质量也有着相当大的影响，这一方面的问题我们将在第十章中，从另一专题的角度论及。

目前世界软磁盘市场上 5.25 in 软磁盘仍是主流产品，前两年由于 3.5 in 软磁盘的优势与竞争，西方，特别是美国一些大的软磁盘生产厂都转产生产 3.5 in 软磁盘，为此，1989 年底国际市场上第一次出现 5.25 in 软磁盘短缺的情况。

我国目前有不少厂家是以生产 5.25 in 软磁盘为主的，因此注意生产工艺改进，提高产品质量，对软磁盘厂家来说尤为重要。

第七章　3.5 英寸软磁盘

第一节　引　　言

在讨论软磁盘发展时我们已经谈到，继 1976 年发展 5.25 in 小型软磁盘（Mini Floppy Disk）之后，为了迎接个人计算机向更加微小型化发展，1980 年日本 Sony 公司发展了 3.5 in 软磁盘。为了区别于前者，通常称之为微型软磁盘（Micro Floppy Disk）。这种微型软磁盘在结构上合理，因而可靠性优于同时期发展的 4 in 和 3 in 品种，后来被国际标准化组织所承认。

1986 年 IBM 公司宣布在 PS/2 微型机上采用 3.5 in 软磁盘驱动器，大大促进了这一尺寸软磁盘的发展。在 90 年代，5.25 in 软磁盘的产量将逐步减少，而将主流产品的地位逐步让给 3.5 in 和 2 in 产品。

目前在国际市场上销售量最大的是非格式化容量 1MB 的 3.5 in 软盘。2MB 品种在迅速增长。日本东芝发展的 4MB 3.5 in 软磁盘据传被 IBM 所接受，估计不久 IBM 将宣布其在新型微型机上使用的情况。

本章我们将讨论 3.5 in 软磁盘的结构、材料以及加工制造问题。

第二节　3.5 英寸软磁盘的结构

一、外　　形

3.5 in 软磁盘（简称 MFD）虽然有不同容量的几种规格，但是这几种规格除了在使用的盘片介质有所区别之外，在外形上和结构上是基本一致的。图 7.1 给出了 3.5 in 软磁盘的外形结构。

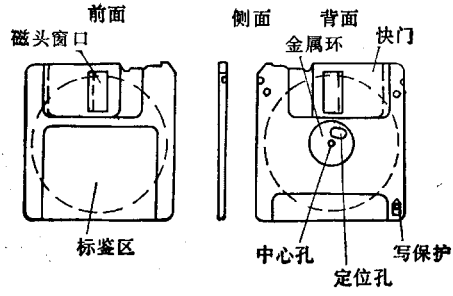


图 7.1 3.5in 软磁盘外形结构示意
(a) 1面; (b) 0面

二、各部件的作用

将 MFD 打开，可以看到一个 MFD 是由 12 个部件所构成，各部件名称如表 7.1 所示。各部件装配关系图见图 7.2。

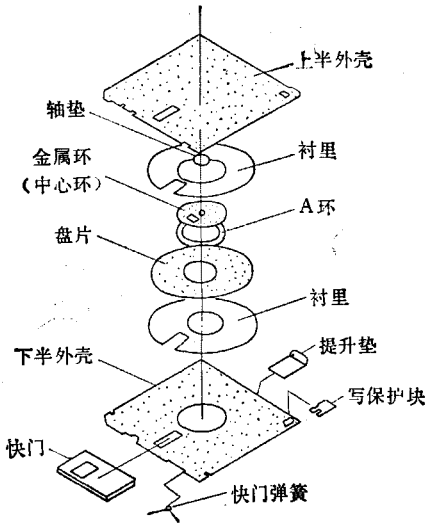


图 7.2 3.5 in MFD 各部件装配关系

MFD 各部件的作用简述如下。

表 7.1 3.5 in 软磁盘部件

编 号	部 件 名 称	英 文 名 称
1	盘片	Cookie 或 Media
2	粘结环或A环	Adhesive Ring, A Ring
3	金属中心环	Metal Hub
4	上半外壳	Upper Shell
5	下半外壳	Lower Shell
6	轴垫	Center Plate (Dot)
7	提升垫	Lifter
8	快门	Shutter
9	衬里(两片)	Liner
10	快门弹簧	Shutter Spring
11	写保护块	Write Protector

1. 盘片

即记录介质,这是软磁盘的核心部件,磁头将送入的电信号转换成磁信号存储在盘片上。

2. A环

A环也称粘接环或双面胶环，A环的叫法取自其英文 Adhesive Ring 的字头。A环双面有胶,作用是将介质与金属环粘接在一起。如图 7.3 所示。

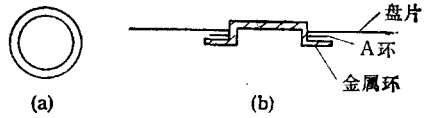


图 7.3 A环图示意

(a) A环; (b) 用A环粘结盘片和金属环示意

3. 金属环

金属环通过A环与盘片介质连成一体，当软磁盘放入驱动器中时,驱动器主轴上的磁钢把金属环吸住(金属环所用的材料是可

以磁化的),主轴上的驱动销卡住金属环上的方形定位孔，使盘片随主轴转动(见图 7.4).而 5.25in 软磁盘是靠上下压紧的方法定位的，因此，3.5 in 盘的定位精度与 5.25 in 盘相比较是大大提高了。 5.25 in 软磁盘的定道精度为几十微米而 MFD 可使定位精度达 2μm,所以可以提高道密度。

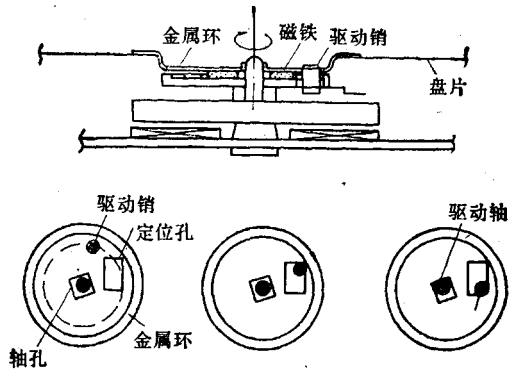


图 7.4 3.5 in 软磁盘驱动器的定位机构

介质、A 环和金属环连成一体构成了 3.5 in 软磁盘的工作部分.这部分在驱动器中是随同主轴的旋转而转动的,一般 MFD 驱动器转速为 300r/min。

下面我们要讨论的其余 9 个部件是:上、下外壳,两片衬里,写保护块,提升垫,中心轴垫，快门和弹簧构成了 Clam-Shell，意思是蛤形外壳。之所以称为蛤形是因为在加工过程中外壳（快门一侧)已先焊牢,另一端不焊接,能张开口放入盘片,因此而得名。现在我们分别介绍组成 Clam-Shell 的各部件。

4. 上、下外壳

MFD 的外套是由上半外壳和下半外壳构成的，两者都是用 ABS* 工程塑料精密注塑制成的。与前一章介绍的 5.25in 软磁盘的外套材料 PVC 相比，ABS 具有耐冲击、抗拉伸、耐弯曲、耐热、

* 见本章第四节二。

耐低温等优点.因此 3.5 in 软磁盘的外壳不会出现像 5.25 in 软磁盘外套那样的变形和折损. 这就使 MFD 的可靠性和寿命大大提高.

5. 衬里

和 5.25 in 软磁盘一样, MFD 外壳内也有一层衬里,起到清洁盘面,擦去盘片上的灰尘、掉粉等污物,减少暂时性错误,提高记录可靠性的作用.

衬里材料也是采用无纺布,上、下半外壳内各衬一片, 用热焊法将无纺布与外壳连合.

6. 提升垫

提升垫是一个有弹性的小塑料片,一端粘在下半壳上,另一端翘起将无纺布衬里支撑起一定高度,使衬里与介质更好地接触,提高清洁能力(见图 7.5).

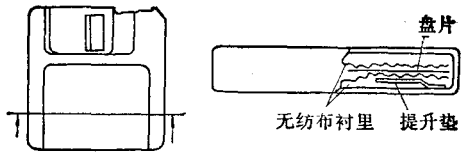


图 7.5 提升垫的作用

7. 写保护块

在 5.25 in 软磁盘外套的侧边上有一个写保护槽口,其作用是当槽口打开时,允许写入信号,用一块不透光的纸挡住槽口可以起到写保护的作用,此时只能读不能写. 这是一个很重要的机构.在 MFD 的设计中,写保护部分作了很重要的改进. 写保护作用靠一个小塑料块来完成. 图 7.6 示出了写保护块的位置及作用. 将写保护块推向上方,挡住外壳上的写保护孔,此时允许写入信息. 当写保护块推向下方,写保护孔打开则软磁盘处于写保护状态,不能

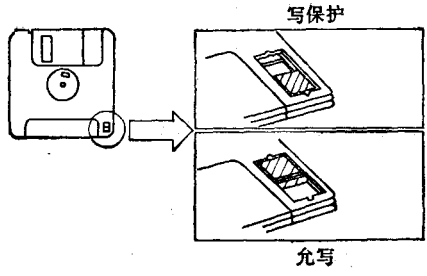


图 7.6 写保护块的作用

写入信息. 写保护作用是靠软磁盘驱动器中的写保护控制电路中的光电二极管检测 MFD 是否处于写保护状态.

8. 轴垫

上半外壳内侧的中心位置上粘有一个圆形的黑色塑料垫片，称之为中心垫，亦称轴垫或摩擦垫 (Friction Pad)，其作用是防止驱动器主轴电机的轴杆磨损上半外壳. 这里提出一个问题，为什么不把驱动器轴设计得短一些呢，不就可以避免主轴与外壳接触了吗？ 实际上 MFD 驱动器设计主轴顶住上半外壳是有用意的. 主轴顶住外壳有助于略有弯曲的外壳恢复平直，保证盘片在外壳内正常转动，减少由于盘片弯曲产生的读写故障(图 7.7).

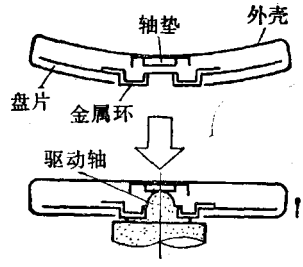


图 7.7 轴垫及轴垫的作用

9. 快门和弹簧

当 MFD 插入驱动器时，快门被拉开，露出磁头窗口，磁头可

与介质接触进行读写操作．当盘片从驱动器取出时，弹簧使快门关闭，挡住磁头窗口，保护介质不受灰尘沾污．

这是 MFD 设计中颇有特色的一个机构．也是保证介质读写可靠性的重要措施．以后出现的小尺寸盘如 2in 软磁盘均采用了这一设计．

第三节　3.5 英寸软磁盘与 5.25 英寸软磁盘的比较

从以上介绍，我们清楚了 3.5 in 软磁盘的结构．通过与 5.25 in 软磁盘的对比，3.5 in 软磁盘的优点可以总结如下(见表 7.2)．

表 7.2　3.5 in 软磁盘与 5.25 in 软磁盘的对比

项　目	3.5 in	5.25 in
尺寸	小，易运输、存放	较大，较笨重
外套	ABS 不易变形	PVC 易受热湿变形
定位机构	金属环定位，驱动轴销卡住，定位精度高；可提高道密度及容量	轴孔定位精度低，道密度，容量受限
磁头窗口	有快门保护，不易沾污	无保护，易沾污
写保护	本身有写保护块	另加写保护，不方便
形变恢复能力	驱动器设计有助外壳平直	外套易弯曲出现读写故障

从对比可以看出，MFD 具有尺寸小，可靠性高，容量大等一系列优点，所以说它的结构比 5.25 in 软磁盘要合理得多，从提高容量来说，它更有前途．正因为有上述一系列优点，因此，MFD 代替 5.25 in 软磁盘是发展的必然趋势．

但是，MFD 的迅速发展并不意味着 5.25 in 软磁盘很快就会退出历史舞台，其原因主要为：

(1) 目前全世界有上亿台 5.25 in 软磁盘驱动器在使用．很难设想这些计算机用户会废弃完好的 5.25 in 驱动器，更换 3.5 in 驱动器；

(2) 3.5 in 软磁盘部件多，制造工艺复杂，加工设备成本高，

所以产品成本较高（目前 MFD 成本约比 5.25 in 盘成本高一倍）.从市场趋势分析，对广大消费者来说，价格仍是一个十分重要的因素.

因此，不断降低材料成本和加工成本是发展 MFD 的重要环节.

第四节 3.5 英寸软磁盘用的材料

通过前面的介绍，我们已经清楚了 MFD 各部件的作用，这样我们就不难提出对于制造各部件所使用材料的要求了. 下面重点讨论记录介质的问题，其它材料只略加说明.

一、MFD 用的磁记录介质

要使 MFD 在尺寸缩小的情况下提高存储容量，必须对磁记录介质进行改进，这样才可以提高记录密度，减少误码率.

目前市场上销售量最大的是非格式化容量为 1MB 的 MFD，其次是 2MB 的 MFD，即将投入市场的有 4MB MFD.这些 MFD 使用的磁性材料是不同的. 但有一个共同点，即所有的盘片都是涂布法制造的.

采用金属薄膜连续介质，例如 Co-Cr 垂直记录介质，有可能把位密度提高到 50—100Kb/in，但是由于采用真空溅射(Sputtering)，技术制造成本昂贵，耐磨损寿命远比涂布介质低. 所以研究了 15 年之久尚难以工业化投入市场.因此有关薄膜介质的问题这里不拟介绍.

从 5.25 in 软磁盘用的涂布介质到 MFD 用的涂布介质，从材料选择，工艺配方，涂布、压光设备及技术上都有很大的改进.这些改进包括：

1. 磁性材料的选择

不同规格的 MFD 选用的磁性材料是不同的. 目前常见规格

的 MFD 所用的磁性材料列于表 7.3。

表 7.3 三种 3.5 in 软磁盘用的磁性材料

品 种	磁粉种类	矫顽力 H_c(Oe)
1MB 3.5 in	Co-γ-Fe_2O_3	650
2MB 3.5 in	Co-γ-Fe_2O_3	730
4MB 3.5 in (东芝)	钡铁氧体	800
4MB 3.5 in(Y.E. Data)	金属磁粉	1500

由于磁粉颗粒越大,则涂布介质表面越粗糙,因此,2MB 3.5 in 软磁盘使用的是 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉,不仅要求有较高的矫顽力,而且要求磁粉颗粒更小,一般要小于 0.3μm, 如图 7.8 所示。

4MB 3.5 in 软磁盘使用的则为六方型片状结构的钡铁氧体磁粉(颗粒形状见图 7.9),其易磁化轴(c 轴)垂直于晶面。4MB MFD 就是利用钡铁氧体磁粉的这一特点进行垂直磁化记录的介质。日本东芝公司开发了干法生产钡铁氧体磁粉,并同时开发了 4MB 3.5 in 软磁盘。

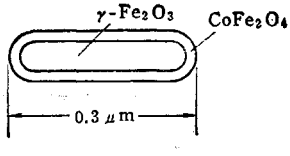


图 7.8 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉颗粒

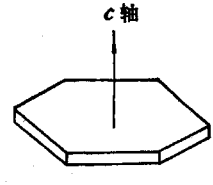


图 7.9 钡铁氧体磁粉颗粒

日本 Y. E. Data 公司利用金属磁粉制造了容量为 4MB 的 MFD。金属磁粉可以是纯 Fe 或 Fe-Co 或 Fe-Co-Ni 合金颗粒。这种磁粉颗粒更小 (0.1μm), 而矫顽力却很高,达 1 500Oe。

2. 磁浆配制及涂布工艺的改进

磁粉越微细化,则将其均匀分散在粘合剂中越是困难。为此,要求有高效率的多级串联砂磨机和高效分散设备。

为了减少由于杂质、胶团等缺陷造成的漏码和冒码,还要求有

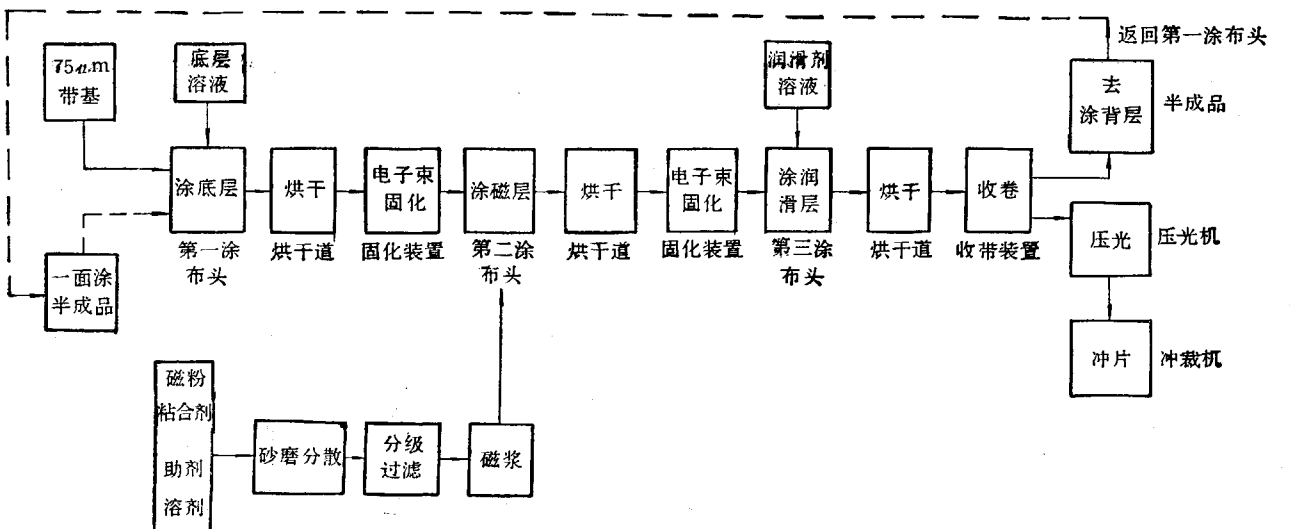


图 7.10　3.5in 软磁盘介质宽带涂布工艺

高效过滤介质，孔径要在 1μm 左右。

为了适应高密度 3.5 in 软磁盘介质涂层结构的要求，涂磁带和普通软磁盘的单涂布头的涂布机就必须改进，以提高涂布效率。为此新发展了采用三个涂布头的涂布机。三个涂布头分别完成以下功能：

（1）涂底层；

（2）涂磁层；

（3）涂润滑层。

图 7.10 给出了三个涂布头的涂布机的涂布流程。

新型涂布设备的改进还包括以下几方面：

（1）高装配精度，径向跳动要求很小；

（2）微机控制磁层测厚及调节反馈系统。这两项措施可以保证磁层在很薄的情况下很均匀。以提高磁层电学特性；

（3）采用电子束固化（Electron Beam Curing）装置，使得磁层中的聚氨酯类粘合剂迅速固化，并使残留溶剂挥发干净。这样对提高介质寿命增强耐磨损性效果显著；

（4）压光技术的改进，采用多辊镜面压光使介质电性能显著提高。不经抛光，电性能也可达到 ISO 标准要求。

以上一系列改进，使 MFD 的合格率大大提高。但由于涂布设备的高度自动化，及其生产能力极大，因此，并非所有的软磁盘厂家都要有自己的涂布设备。目前世界上可供应高质量 1MB 和 2MB 盘片的厂家为数寥寥无几。

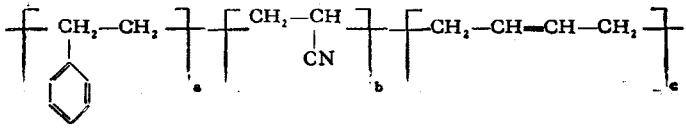
二、外壳用材料

MFD 的外壳是用 ABS 工程塑料以精密注塑机注塑而成的。外壳材料之所以采用价格昂贵的 ABS 塑料，而不采用价格便宜的 PVC 材料是为了在尽可能减薄外壳的情况下，还能保证其良好的抗冲击，耐高低温特性，保证在苛刻环境下不易变形。

ABS 是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物，由于英文名称为 Acrylonitrile-Butadiene-Styrene，用其三字头而取名为 ABS。这

三种成分中，聚苯乙烯有较高的硬度，但较脆，即耐冲击性能差．聚丙烯腈和聚丁二烯具有良好的橡胶性能，即耐冲击特性，却又偏软．三者性质的互补构成了良好的机械性能。此外，加入丙烯腈可以提高耐化学腐蚀性，抗张强度与热变形温度。因此，ABS 是现代的重要工程塑料之一。

ABS 的化学结构式为：



三种成分的比例为丙烯腈 20—30%，丁二烯 6—35%，苯乙烯 45—70%，三种成分比例的变化可使注塑件的性质发生变化。

采用自动化程度高的精密注塑机注塑 ABS 外壳，速度很快，

表 7.4　3.5 in 软磁盘外壳用 ABS 塑料的要求

总要求：高强度，熔化状态有高流动性；良好的抗静电特性，不易退色变黄

技术要求项目	单　位	典型数据
维卡软化温度	℃	101
熔融流动指数 MFI 200/21.6	g/10 min	30
MFI 220/10	g/10 min	22
冲击强度 23℃	kJ/m²	80
−40℃	kJ/m²	40
切口冲击强度 23℃	kJ/m²	5
−40℃	kJ/m²	1
钻孔切口冲击强度 23℃	kJ/m²	15
拉伸弹性模量	N/mm²	2 900
弯曲强度	N/mm²	95
屈服拉伸强度	N/mm²	60
球压硬度 H358/30	N/mm²	115
最终伸长率	%	15
块状密度	g/cm³	1.06
最适宜的注塑温度	℃	230—260
预干燥温度	℃	80
预干燥时间	h	3

热模压每 7—8 s 就注塑一对外壳. 表 7.4 给出了注塑 MFD 外壳用的 ABS 塑料典型特性.

三、提升垫用材料

提升垫是一个小弹性片,对无纺布起支撑作用,所以可以选择金属、塑料等任何具有弹性的材料来制做提升垫.但从加工难易和成本上考虑,人们常用的是聚酯膜. 早期使用的多是厚度为 75μm 的聚酯膜,这种厚度的材料弹性较差, 后来多改用厚度为 125μm 的材料. 现成的提升垫是成卷出售的,每卷 5 000 个,如图 7.11 所示. 一个个提升垫以一定距离贴在油纸衬带上, 衬带一侧带有定位孔,以便提升垫在贴到外壳上之前在装配设备上准确定位.

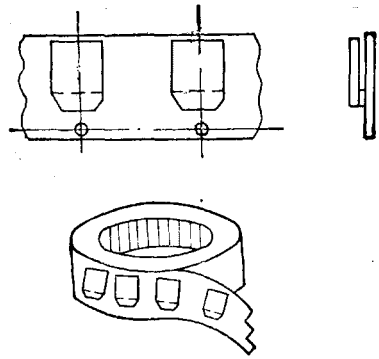


图 7.11 提升垫

提升垫的角度可以购买已折好的,也可以在贴敷之前折角.提升垫的角度会影响提升垫的弹力, 从而影响无纺布衬里的清洁能力. 从这一意义上讲,角度大一些对无纺布清洁效果有好处.但是角度过大会增大盘片的转矩,使盘片转动困难.此外角度过大还会使盘片抛光之后装入蛤形外壳时比较困难. 在考虑折角时还要注意的是聚酯提升垫的角度会由于无纺布的压力而逐渐变小, 温度越高角度减小得越快. 因此选择角度也不宜过小. 通常以 15°左右为宜. 提升垫角度随时间的变化关系,如图 7.12 所示.

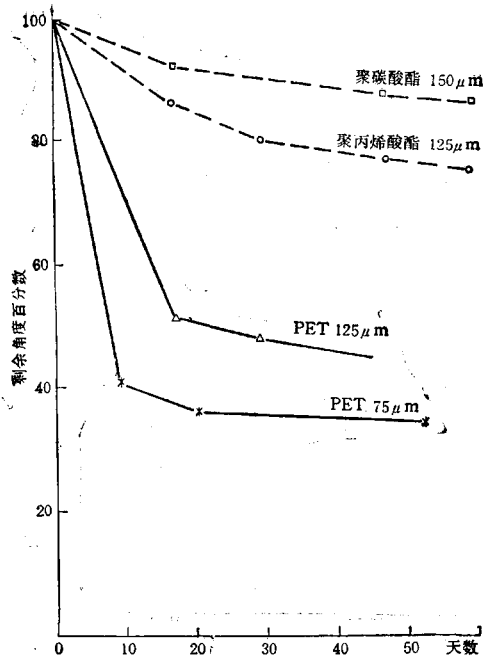


图 7.12　提升垫角度随时间的变化

四、金属环用材料

如前所述，3.5 in 软磁盘的定位是靠磁钢吸引将金属中心环固定在主轴上的.因此金属中心环选择了可以被磁化的不锈钢材料.

为了防止中心环在加工、存放过程中的变形，所选材料不宜过薄，通常厚度为 0.3mm.中心环的外沿加工要求十分平整，否则外沿不平会造成盘片转动时发生偏摆 (Run-out)，而增大调制噪声.

五、快门用材料

快门目前多采用无磁不锈钢片，厚度为 0.2mm. 十分光亮的不锈钢快门容易在加工或使用过程中留下指印，影响外观，因而采用喷砂打毛的不锈钢薄片加工为宜.近年来也有采用塑料快门的，因此可以制成不同颜色的，使用效果与不锈钢快门一致，但成本明

显下降。

第五节　3.5 英寸软磁盘生产工艺

一、生 产 设 备

MFD 生产设备和 5.25 in 软磁盘的生产设备除了涂布设备有共同之处外，其它设备都有很大差异，不能共用。此外，各生产厂家设备也有所不同，主要原因有两方面：

(1) 生产过程的起点不同，如有的厂家自己注塑外壳，则必须有注塑机，而有的厂家购入外壳成品，甚至现成的蛤形外壳，那么就可以少添置不少设备；

(2) 生产设备的自动化程度不同，有的厂家采用自动化装配线，有的则采用半自动化设备或采用人工装配等。

由于存在上述两方面的原因，因而同样是生产 3.5 in 软磁盘，各厂家的设备、投资会有很大差异。当然设备越先进，投资越大，设备维护水平则要求也越高。

华源磁电有限公司具有全自动化、以机械人操作的 MFD 生产线，也有半自动化生产线。有电脑控制的高精度注塑机注塑外壳，也有快门加工设备。这样不但保证了零部件的及时供应，也保证了产品质量的稳定性。产品质量的提高和产量的扩大增强了竞争能力。

二、3.5 in 软磁盘生产工艺流程

1. 3.5 in 软磁盘制造工艺流程方框图

从图 7.13 生产工艺流程可以看出，制造 3.5 in 软磁盘要涉及到塑料件的注塑，金属件的机械加工以及部件的装配及对产品性能的 100% 的测试等多项工艺。

在 MFD 的生产过程中，每一加工工序都应严格控制质量，注意设备的维护与调整，发现装配质量有问题时应立即反馈回相对应的工序，以检查工艺或设备的问题，及时加以调整。

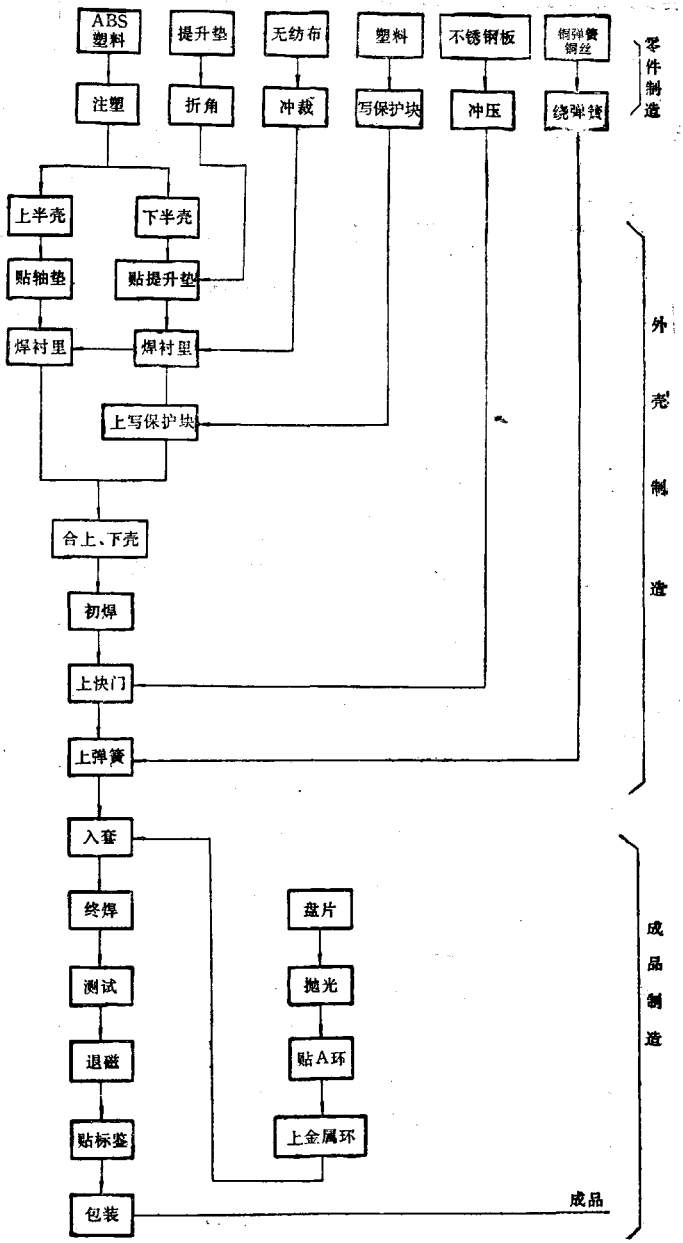


图 7.13 3.5 in 软盘加工工艺流程方框图

有关生产过程中的质量保证我们将在第十二章中介绍。

第六节　3.5 英寸软磁盘的典型性能数据指标

我们用两个数据表系统地说明 1MB MFD 和 2MB MFD 的

表 7.5　1MB MFD 介质的典型性能数据

项　目	单　位	规 定 值	典 型 值
盘基			
厚度	μm	76(标称)	76
热膨胀系数	10^{-6}mm/(mm·℃)	25(最大)	19
湿膨胀系数	10^{-6}mm/(mm·%相对湿度)	15(最大)	8.5
抗拉强度	kg/cm²	—	3 000
氧化物涂层			
涂层厚度	μm	1.65±0.25	1.8
表面电阻	Ω/平方单位	$<5\times10^{9}$	$4—5\times10^{7}$
透光率	%	<1	0.6
表面粗糙度	μm	0.13(A·A 最大)	—
磁性能指标			
矫顽力	Oe	660±30	670
饱和磁化强度	Gs*	1 260	1 200
剩磁	Gs	750	720
矩形比		0.60±0.05	0.60
电性能指标			0 面　1 面
信号幅度 1F 00 道	%Ref.**	<130	117　96
2F 79 道	%Ref.	>80	106　106
分辨率 79 道	%Ref.	>80	108　97
调制 1F 00 道	%	<10	1.8　2.5
2F 79 道	%	<10	2.8　4.0
峰值位移	ns	63—137%Ref.	
重写	%Ref.	<125	93　93
耐磨损特性			
室温	百万次		30
52℃(80%相对湿度)	百万次		30
5℃(相对湿度不定)	百万次		30
5—60℃循环	百万次		20

* 1Gs≙10^{-4}T.

** %Ref. 指与 PTB 基准盘的相对百分数. 下同.

表 7.6　2MB MFD 介质的典型性质

项　目	单　位	规定值	典型值
盘基			
厚度	μm	76(标称)	76
热膨胀系数	10^{-6}mm/(mm·℃)	25(最大)	19
湿膨胀系数	10^{-6}mm/(mm·% 相对湿度)	15(最大)	8.5
抗张强度	kg/cm²		3 000
氧化物涂层			
涂层厚度	μm	0.95±0.20	0.94/0.93
矫顽力	Oe	730±30	750
饱和磁化强度	Gs	1280±150	1 160
剩余磁化强度	Gs	760±75	700
矩形比		0.60±0.05	0.605
表面电阻	Ω/平方单位	<5×10⁹	5.4/4.5×10⁸
电性能			0 面　1 面
信号幅度 1F00 道	%Ref.	<130	103　103
2F79 道	%Ref.	>80	101　101
分辨率　79 道	%Ref.	>80	101　99
调制　1F00 道	%	<10	2.7　2.9
2F79 道	%	<10	2.8　4.0
峰值位移	ns	63—137% Ref.	
重写	%Ref.	<125	91　97

性能指标(表 7.5 和表 7.6)。

第七节　容量为 4 兆字节的 3.5 英寸软磁盘

如前所述，容量为 1MB 的 MFD 采用 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉作为记录介质，矫顽力 650Oe，磁层厚度为 2μm；为了使记录密度加倍而容量达 2MB，采用了矫顽力 730Oe 的 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉，磁层厚度减薄到 1μm。

如果按照提高磁层矫顽力和减薄磁层的途径来将 MFD 记录密度提高，使存储容量再提高一倍，即制造 4MB 的软磁盘，就需要采用下列途径之一种：

(1) 将磁层矫顽力提高一倍，达 1 500Oe 左右，这时磁层厚度

仍维持 1μm；

(2) 磁层矫顽力大致不变，将磁层厚度减半，即减薄到 0.5μm 左右。

这两种途径在加工工艺上都存在相当大的困难，下面我们简单分析一下。

第一种途径即采用矫顽力很高的磁粉，要涉及两方面的问题：目前广泛使用的含 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力达不到 1 500Oe，这就需要用金属磁粉。金属磁粉矫顽力可以达 1 500Oe，但金属磁粉易燃，生产、保存和分散都比较困难。另一个是当矫顽力提高到 1 500Oe 时，目前广泛采用的锰锌铁氧体磁头的磁场强度不足以使磁层中磁粉进行磁化翻转，需要更换其它铁芯材料，如铁硅铝 (Sundust)。

目前 Y. E. Data 正在探讨使用金属磁粉制造 4 MB 软盘的可行性。

第二种途径，即采用厚度为 0.5μm 的介质，在技术上是难以实现的，因为涂布机的精密度难以达到；再者，磁层减薄会带来耐磨损性能降低和磁层缺陷过多、成品率太低等一系列困难。

即将投放到市场的 4MB 3.5in 软盘不是通过上述提高矫顽力和减薄磁层实现提高容量的，而是采用钡铁氧体 (Barium Ferrite) 磁粉制造的。这种介质是根据日本东北大学岩崎俊一教授的垂直磁记录 (Perpendicular Recording) 理论由日本东芝公司发展起来的。下面我们简单介绍一下垂直磁记录原理和 4MB 软磁盘。

一、垂直记录的特点

目前广泛采用的记录方式是纵向 (Longitudinal) 记录，磁化方向和记录介质表面是平行的(图 7.14)。纵向记录亦称水平记录。这种记录方式的缺点是：记录的磁化单元所形成的磁通与相邻磁化单元的磁通方向相反，这种相反方向磁通的流动造成磁化单元的退磁(图 7.15)。再加上各磁化单元本身有自退磁现象，退磁作

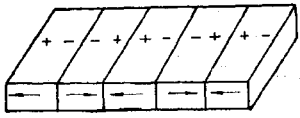


图 7.14 常用的纵向记录模式

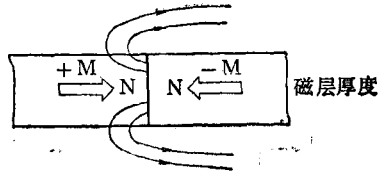


图 7.15 纵向记录介质相邻磁化单元的作用

用的结果是使磁化翻转的过渡区加长，输出信号波形变宽，高频记录时输出信号幅度和分辨率过低，因而无法实现高密度记录.

为了减小退磁作用，就要提高矫顽力和减薄磁层. 但提高矫顽力会使磁头磁化饱和，而减薄磁层又要受到涂布技术的限制，所以纵向记录的记录密度受退磁作用的局限.

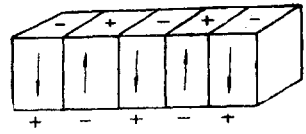


图 7.16 垂直记录模式

岩崎俊一提出的垂直记录方式可以避免纵向记录的缺点. 如图 7.16 所示，垂直记录所形成的磁化单元之磁化方向和介质表面相垂直，相邻磁化单元的磁通方向是一致的. 因此可以相互增强(图 7.17)，而不是像纵向记录那样磁性相互削弱. 这样，在高的记录密度下垂直记录仍可形成陡的磁化翻转过渡区，输出信号较强，信号波形尖锐，分辨率高.

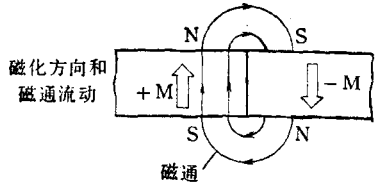


图 7.17 垂直记录介质相邻磁化单元的作用

因此，采用垂直记录方式时，并不像纵向记录那样，为达到高记录密度而要求高矫顽力和薄磁层来提高信号幅度，减少退磁作用.

二、垂直磁记录介质

大家知道，纵向记录用的介质中，γ-Fe_2O_3 针形颗粒是水平方

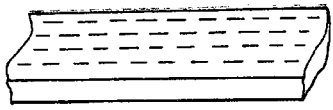


图 7.18 纵向记录介质中磁粉的排列

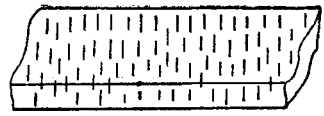


图 7.19 用针状 γ-Fe_2O_3 制成的垂直记录介质

向排列的(图 7.18). 垂直记录介质则要求记录介质有垂直各向异性,从而形成垂直介质表面的磁化方向. 当然,如果在制造磁带或磁盘时能有一个很强的磁场使针形 γ-Fe_2O_3 竖直地排列起来,就会形成垂直记录介质(图 7.19). 这种想法是可以成立的,也有人发表了这样的专利,但实现起来有困难,因为效果不甚理想,所以未被人们采用.

岩崎俊一等人最早提出用溅射法制成 Co-Cr 合金膜,这种材料有良好的垂直各向异性. 图 7.20 是 Co-Cr 溅射膜的结晶结构. 也可以在 Co-Cr 膜的底层加一层 Ni-Fe 膜来改善 Co-Cr 膜的记录再生特性.

除了溅射法制造 Co-Cr 膜之外,也采用真空蒸镀法、电镀法、化学镀法以及涂布的方法. 制造垂直磁记录介质. 表 7.7 对各种方法做了总结.

为了提高垂直磁化的效果,对垂直记录驱动器的磁头进行了许多研究. 图 7.21 是辅助磁极励磁型磁头,图 7.22 是主磁极励磁型磁头,在纵向记录用的环形磁头也用于垂直磁记录介质,但磁头

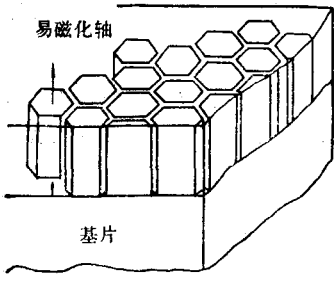


图 7.20 Co-Cr 溅射膜的结构示意

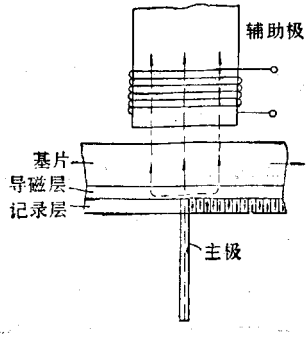


图 7.21 辅助磁极励磁型磁头

表 7.7 垂直记录介质

介质层类型	制造工艺	介质组成
连续薄膜介质	溅射法	Co-Cr Co-Cr+Ni-Fe Co-Cr-Ta Co-Cr-V Co-Cr-Rh $BaFe_{12}O_{19}$（钡铁氧体） $Fe_{1-x-y}Tb_xGd_y$
	真空蒸镀 电镀 化学镀	Co-Cr Co Co-Ni-Mn-P
颗粒介质	涂布法	钡铁氧体磁粉 γ-Fe_2O_3 Co-γ-Fe_2O_3 球形 Co 磁粉

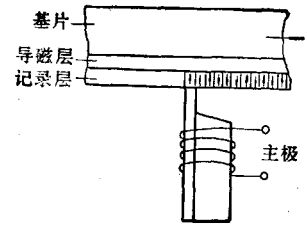


图 7.22 主磁极励磁型磁头

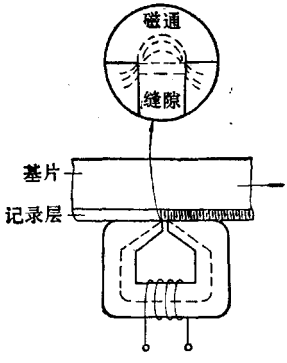


图 7.23 环形磁头

缝隙要求很窄(图 7.23)。

磁带、硬磁盘和软磁盘都可以采用垂直记录方式，但从技术上说，软磁盘最容易达到实用化，所以关于垂直记录软磁盘最先开发研究。表 7.8 列出了 1982 年和 1983 年东芝和索尼公司发表的利用 Co-Cr 膜制造的垂直记录软磁盘的性能指标。

从表 7.8 可以看出，利用 Co-Cr 膜可以达到很高的记录密度

表 7.8 垂直记录 Co-Cr 膜软磁盘特性

	东 芝	索 尼
磁头		
磁头型式	环形	单极型
磁头缝长 (μm)	0.4	
磁盘		
磁层数	单层	双层
高导磁层	无	0.5μm Ni-Fe 膜
垂直磁化层	0.5μmCo-Cr 膜	0.2μm Co-Cr 膜
性能指标		
存储容量 (MB)	3/单面	4/单面
位密度 (bpi)	50K	65.5K
每盘磁道数	77	70
数据传输率(Mb/s)	1.5	5
平均存取时间(ms)	97	
驱动器尺寸 (mm)	100×130×40	104×130×51
磁盘外壳尺寸 (mm)	90×92×3	90×94×3.4
磁道宽度 (μm)	120±20	
发表时间	1982 年 9 月	1983 年 3 月

(50—65.5Kb/in)，相当于通常使用的 1MB 3.5in 软磁盘记录密度的 6—8 倍，每面存储容量达 3MB 和 4MB. 所以垂直记录介质是有前途的.

但是 Co-Cr 膜介质也存在着相当大的问题需要解决: 首先 Co-Cr 金属膜和其它金属膜一样，主要问题是不耐磁头磨损，并且与盘基(聚酯膜)的亲合力差. 再者溅射法制造介质效率低，成本高. 和溅射法相比，制造磁带和软磁盘一直采用的涂布方法目前仍有很高的实用价值. 下面我们介绍用钡铁氧体磁粉涂布法制造的垂直记录用软磁盘.

三、用钡铁氧体磁粉制造的软磁盘

自从岩崎俊一于 1976 年发表了垂直记录的理论之后，人们在研究 Co-Cr 溅射膜的同时，也注意寻找具有垂直各向异性的颗粒

介质，以便用成本低的涂布法制造垂直记录介质．这方面首先被发现，并且研究达到实用化的是钡铁氧体磁粉，用这种磁粉制成了容量为 4MB 的软磁盘，继而发展了钡铁氧体磁粉磁带．虽然 Y. E. Data 用金属磁粉制造大容量软盘与东芝公司的钡铁氧体软盘竞争，但东芝公司的软盘已成商品，至少在目前来说东芝公司的钡铁氧体软盘处于领先地位．

1. 钡铁氧体磁粉的性能

钡铁氧体的化学成分为 $BaO \cdot 6Fe_2O_3$，其结晶具有六方形晶格结构．氧离子 O^{2-} 以密堆积形式排列，即在第五层起，钡离子 Ba^{2+} 与氧离子 O^{2-} 以 3:1 的比例排列；离子半径较小的铁离子 Fe^{3+} 则以五种不同方式填充在氧离子的间隙中．一个晶胞含有 10 层氧离子，其中含有两个 $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ 单位．

钡铁氧体的饱和磁化强度很接近于 γ-Fe_2O_3 的相应值，在室温下为 72emu/g 或 380emu/cm³ 钡铁氧体的六方片晶的 C 轴为

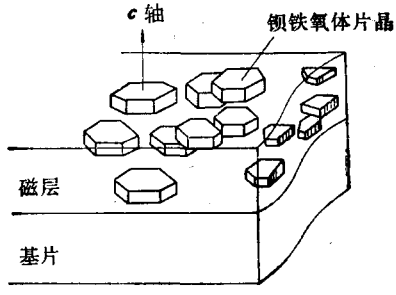


图 7.24 钡铁氧体片晶结构示意

易磁化轴(图 7.24)．比较图 7.24 和图 7.20 可以看出，钡铁氧体和 Co-Cr 溅射膜在结晶形状和易磁化轴的方向上是一致的；所不同的是 Co-Cr 溅射膜是连续的柱状晶，而钡铁氧体则是分立的颗粒状晶体．

钡铁氧体磁粉的矫顽力较高，理论计算值 $H_c = 8\,350$ Oe，实际测得的粒径 0.1μm 的颗粒之 $H_c = 5\,350$ Oe，通常工业制造

的矫顽力在 2 000 至 3 600 Oe 左右。

2. 钡铁氧体磁粉的制造工艺

早期工业上制造钡铁氧体是采用碳酸钡和 Fe_2O_3 作为原料，二者经混匀后于 1300℃ 下焙烧 1 小时，烧好的材料在球磨机中加水球磨 1 小时，得到粒径约 1μm 的磁粉。

但上述工艺制造的钡铁氧体尚不能用于制造垂直记录介质，只能用于其它电子工业产品中。为了制备可用于涂布软磁盘或磁带用的钡铁氧体，需要解决以下三方面的问题：

（1）颗粒微细化，粒径小于 0.3μm；

（2）材料的矫顽力应控制在 1 500 Oe 以下，以适应磁头的要求；

（3）磁粉需经表面处理，以提高磁粉在粘合剂中的分散性。

为了降低钡铁氧体的矫顽力，通常是加入少量 Co，Ni，Ti，Mn，Zn 等金属离子置换晶格中的 Fe 离子，形成 $BaFe_{12-2x}Co_xTi_xO_{19}$ 的体系，$x = 0.6—0.8$。

制造垂直记录用钡铁氧体磁粉有两种途径：一种是水热法，另一种是助熔剂法。

水热法是以 α-Fe_2O_3、γ-Fe_2O_3 或 α-FeOOH 作为起始原材料，加入化学剂量的 $Ba(OH)_2$ 于 250—280℃下在高压釜中加热 5—10 小时，完成反应。从反应效果来说，以采用 γ-Fe_2O_3 为最好。

也可以直接采用 $FeCl_2$，$BaCl_2$，$TiCl_4$ 和 $CoCl_2$ 作为原材料经共沉淀之后，于 900°C下焙烧，再于高压釜中热处理。

由东芝公司发展的助熔剂法，是将 Fe，Ba 的氧化物连同降低矫顽力用的 Co，Ti 氧化物混在一起，以 B_2O_3 作为玻璃化助熔剂，按下列比例配料：

BaO	38.6%
B_2O_3	13.4%
Fe_2O_3	41.8%

TiO_2	3.2%
CoO	3.0%

经混合后加热到1300℃以上熔化，熔体倾出后迅速冷却成玻璃状非晶态物质．淬冷的速度达10^4—10^5℃/s，冷却是在两个转动的辊间进行的．所形成的无定形片或带厚度为 30—100μm．将无定型体在大于550℃下热处理，使铁氧体晶体生长，再以20%醋酸浸取硼酸盐相，剩余的磁粉颗粒沉淀、水洗、烘干．上述以B_2O_3助熔的方法亦称为玻璃结晶化方法（Glass Crystallization）．这种工艺流程见图7.25所示．

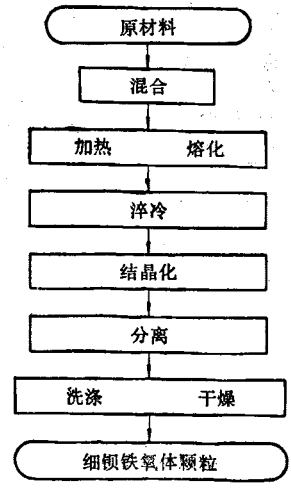


图 7.25 玻璃结晶化法制备钡铁氧体流程

用玻璃化结晶法制成的钡铁氧体磁粉 $BaFe_{12-2x}Co_xTi_xO_{19}$ 的矫顽力随 x 值的加大而减小，当 x 从0.65增加到0.95时，矫顽力由1 500 Oe减至400 Oe，这一范围适于制造磁记录介质．表7.8和7.9分别给出了这种方法制出的钡铁氧体磁粉的性质及其与其它磁粉的比较．钡铁氧体磁粉的优点是颗粒的大小和形状是可以控制的．颗粒很小而且尺寸分布很窄，矫顽力可以在一个很宽的范围内控制，因而可以使用常规的磁头．磁

表 7.8 细颗粒钡铁氧体的典型特性

项　　目	数　　据
平均粒径	0.05μm
平均厚度	0.018μm
比表面积	$31m^2/g$
矫顽力	400—1500Oe
磁化强度（10kOe）	<55emu/g
居里温度	320℃

表 7.9　典型钡铁氧体颗粒和针形磁粉性能比较

样　品	尺　寸 (μm)	体　积 ($10^{-5}\mu m^3$)	比表面积 (m^2/g)
钡铁氧体 (A)	$\frac{(d\times t)}{0.08\times0.03}$	13	22
钡铁氧体 (B)	$\frac{(d\times t)}{0.05\times0.02}$	3	31
Co-γ-Fe_2O_3	$\frac{(l\times d)}{0.3\times0.05}$	212	30
金属磁粉	$\frac{(l\times d)}{0.2\times0.02}$	63	~45

d = 颗粒直径，t = 颗粒厚度，l = 颗粒长度

粉生产可实现工业化，目前东芝公司已有月产 10 吨的中试装置。

在图 7.26 中给出了钡铁氧体电子显微镜照片。

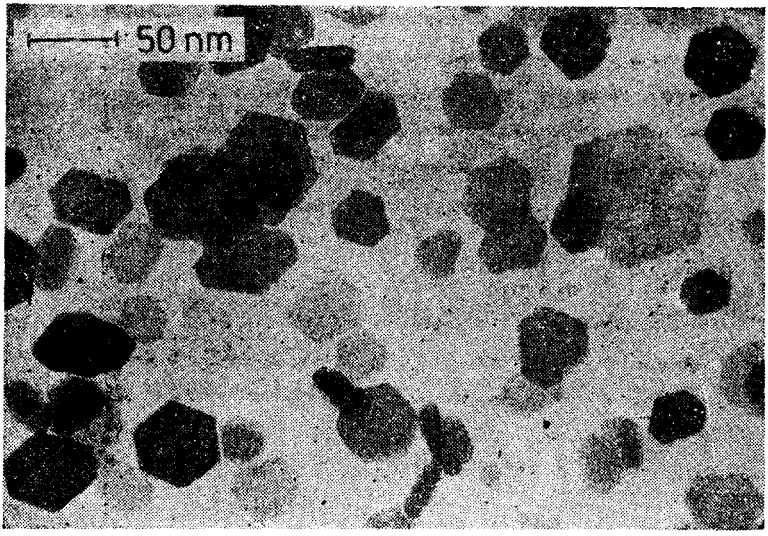


图 7.26　$BaFe_{10.2}Co_{0.9}Ti_{0.9}O_{19}$ 颗粒的电子显微镜照片

3. 钡铁氧体 4MB 软磁盘

日本东芝公司用钡铁氧体磁粉制造了容量为 4 MB 的 3.5 iB 软磁盘，其性能如表 7.10 所示，表中同时给出了目前常用的 2Mn

表 7.10　4 MB 软磁盘和 2 MB 软磁盘性能比较

软盘种类	钡铁氧体 MFD	通常 MFD
介质材料	钡铁氧体	Co-γ-Fe_2O_3
非格式化容量	4.0MB	2.0MB
矫顽力	750(⊥)Oe	730(∥)Oe
磁盘直径	86mm	86mm
磁层厚度	3μm	1μm
外壳尺寸	94×90×3.3	94×90×3.3
格式化容量	2.94MB	1.44MB
数据传输率	1.0Mb/s	0.5Mb/s
每道扇区数	36	18
每扇区容量(字节)	512	
磁道数	80×2	
道密度	135tpi	
道-道存取时间	3ms	
驱动电机转速	300r/min	
编码方式	MFM	
驱动器尺寸	100（宽）×140（深）×40（宽）mm	
磁头	环形，带预抹头	环形隧道抹头

3. 5 in 软盘性能以资比较.

钡铁氧体软磁盘有如下特点:

(1) 和 Co-Cr 膜软磁盘相比，有长的耐磨损寿命，易于涂布制造;

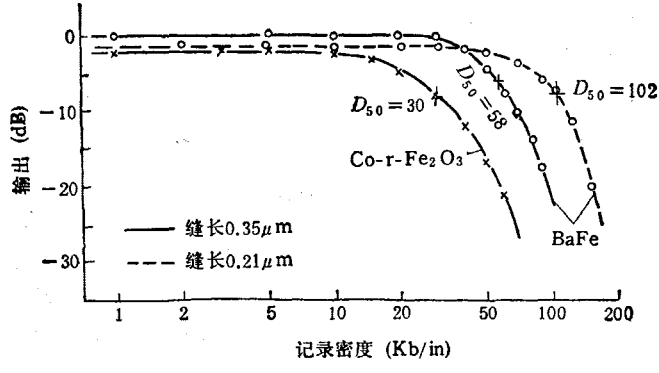


图 7.27　钡铁氧体和 Co-γ-Fe_2O_3 软磁盘的记录密度曲线

(2) 和常用的 Co-γ-Fe_2O_3 2MB 软磁盘相比，涂层在较厚(3μm)的情况下，可以达到高的记录密度。图 7.27 是 Co-γ-Fe_2O_3 软磁盘和钡铁氧体软磁盘记录密度曲线的比较。从图中可以看出，钡铁氧体软盘的最高记录密度在磁头缝隙为 0.21 μm 和 0.35μm 时，分别达到 102K bpi 和 58K bpi，而用 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉做的软磁盘用缝长为 0.35μm 的磁头记录密度为 30 K bpi (D_{50})。所以钡铁氧体软磁盘可以达到记录密度高，磁层又不要求那么薄，这很有利于制造；

(3) Co-γ-Fe_2O_3 为针状磁粉，这种针状磁粉在涂布时容易产生机械排磁现象，因而造成信号包络线的不平滑（参见第十章图 10.5)，但钡铁氧体磁粉因为是片状颗粒，不存在机械排磁问题，所以包络线平滑(图 7.28)。

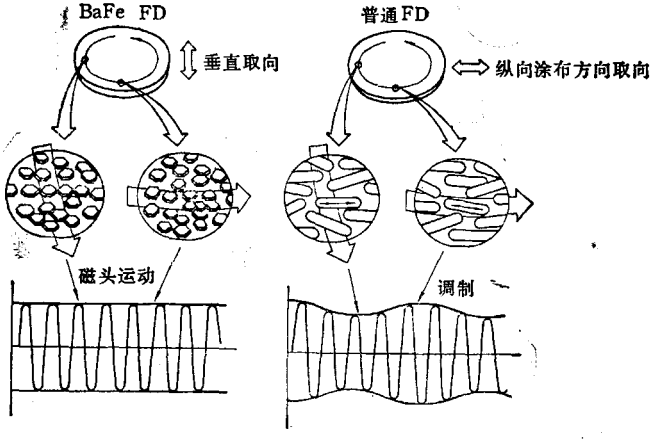


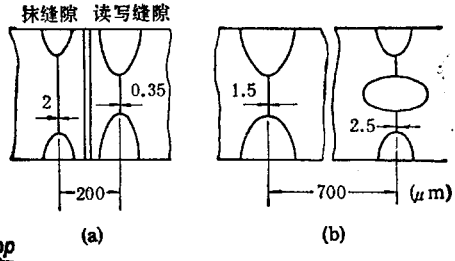
图 7.28 钡铁氧体磁粉和普通 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉软磁盘的信号幅度包络线

4. 4 MB 软磁盘驱动器用磁头

在讨论 4 MB 软磁盘驱动器用的预抹型磁头之前，我们先介绍一下目前常用的纵向记录软盘磁头的结构。

目前常用的软磁盘磁头，如图 7.29(b) 所示，有一个读写磁头缝隙，在其后面有两个抹磁头缝隙。通常这种形式的磁头称为

隧道式抹磁头．两个抹磁头的作用并不是抹除原有信号，而是将写在磁道上的信号边缘抹齐，以避免相邻磁道信号相互干扰．而要抹去原记录的信号时，是靠读写磁头产生磁场在原信号上重写实现的．为了将原信号在重写时消除得足够干净，以免原信号的



Retro Workshop
果粉工作室

图 7.29　软磁盘磁头结构

(a) 预抹磁头；(b) 隧道式磁头

残余产生干扰，要求这种磁头的写电流足够强，以产生较大的重写磁场．并要求磁层足够薄，以免发生重写磁化的深度不足以抹除原写入信号．为此，磁层厚度要小于记录波长的 1/4．正由于这一原因，记录密度越高则记录波长越短，而需要磁层越薄．

如果在 4MB 3.5 in 软盘驱动器上采用磁层厚度为 3 μm 的钡铁氧体软磁盘，而仍采用目前常用的隧道式磁头，会发生什么情况呢？从以上讨论可以推断：记录密度虽然可以达到，但 2F 信号 (500kHz) 抹除不掉 1F 信号，因而产生很大的重写噪声．为了减小重写噪声将磁层厚度减小到 0.5 μm 以下时又会产生涂布困难，缺陷增加和耐磨性差的问题，使垂直记录的优点丧失．

为了解决上述困难，东芝公司的 4 MB 软盘驱动器磁头采用了预抹型磁头．如图 7.29(a) 所示，在读写磁头缝隙的前面有一个抹磁头缝隙，两者相距 200 μm．在写入新数据之前，先用预抹磁头将原信号抹除干净，再以读写磁头写入新信号．由于抹电流和写电流是独立选择的，所以抹电流可以选择大一些，将原信号抹净；而选择小一些的写电流，不致发生写磁头磁化饱和问题．利用这种预抹磁头，当抹电流达 20 mA 以上时，可将原信号强度抹

到—40dB。

5. 4MB 3.5 in 软磁盘标准

4MB 3.5 in 软磁盘在国外已开始少量投入市场，但尚未大量采用。目前国际标准化组织 ISO 尚未公布正式标准，只是东芝公司向美国国家标准协会提交了标准草案。我们将这一标准草案在附录中介绍给大家，以便研制、测试和使用人员参考。

请注意，这种 4MB 软磁盘和目前常用的 1MB 和 2MB3.5 in 软磁盘标准的主要区别在于：4MB 3.5 in 软磁盘由于采用预抹磁头，所以要测试抹信号能力 (Erasability)；而 1MB 和 2MB 软磁盘由于采用隧道式磁头，以新信号抹除原信号，所以测试标准中要测试重写噪声。

第八节 结 束 语

通过本章的介绍我们可以看到，3.5 in 软磁盘之所以获得迅速发展，除了微小型化的优点之外，更为重要的是设计结构合理，从而保证了可靠性和大容量化的趋向。

3.5in 软磁盘的零部件较多，制造工艺和 5.25 in 软磁盘的制造工艺几乎是完全不同的。所用原材料品种也较多，加工复杂。所以实行全面质量管理对于最终产品的质量保证十分重要。

我们通过一系列的工作，改进设备，加强质量控制和质量管理，改进生产工艺，使产品质量和合格率达到了相当高的水平。

目前常用的软磁盘，无论是倍密度或是高密度 5.25 in 或 3.5 in 软磁盘都是采用针状氧化铁作记录介质，以纵向记录方式实现的。以这种记录方式进行记录时，退磁现象限制了记录密度的提高。为了克服退磁现象，采用高矫顽力介质并减薄磁层。但这两种途径都是有限度的。因此人们转向利用垂直磁记录方式。

4MB 软磁盘采用了钡铁氧体磁粉介质使垂直记录介质获得了实际应用。4MB 软磁盘驱动器采用了窄缝隙环形磁头，这种磁

头是纵向记录使用的．从这一点来说，东芝公司的4MB 软磁盘驱动器综合了垂直记录和纵向记录的特点，将传统的隧道式抹磁头改成了预抹磁头．

目前日本和美国正在开发 16MB 和 16MB 以上的软磁盘驱动器，这种驱动器采用的介质也是钡铁氧体介质．和 4MB 软盘驱动器不同的是驱动器采用了伺服找道技术，提高了道密度．若将磁道密度从 135 tpi 提高到 540 tpi，即为原来的四倍的话，则位密度保持不变的情况下可将非格式化容量由 4 MB 提高到 16MB．

金属磁粉用于制造高容量软磁盘已由 Y. E. Data 公司得以实施，如果能采用金属连续薄膜介质来制造软磁盘会把存储容量提高到一个新的高度．这些介质材料将来会得以应用．

第三部分　软磁盘的测试及质量问题的分析

第八章　软磁盘的测试标准

第一节　引　　言

软磁盘和硬磁盘比较，除了价格便宜之外，另一个非常重要的特点即其具有互换性．所谓互换性，即是将一片软磁盘在一台微型机的驱动器上记录了文件或软件之后，转移到另一台微型机的驱动器上也可以正常地读出．凡是应用微型计算机的人员都会认识到这一点的重要性，因为成千上万种的微型计算机的软件，都是软件编制人员编制之后存储于软盘中，再经过复制成若干份后送到微型计算机的用户手中．此外，许多统计报表，如人口普查，银行帐目等，又是以软磁盘代替以往繁杂的报表送到上级有关统计分析部门．如果软磁盘不具备互换性，那么上述工作不可能用软磁盘进行，而软磁盘也绝不会像今天这样用得如此普遍．

为使不同生产厂家生产的软磁盘具有良好的互换性和高度的可靠性，要对软磁盘的规格、性能制定严格的技术标准．这样的技术标准要为国际所公认，大家都遵照执行．

国际标准化组织（ISO）是制定数字磁记录介质标准的最权威性机构；有些标准的起草则先委托欧洲计算机制造者协会（European Computer Manufacturers Association，简称 ECMA）或美国国家标准化研究所（American National Standards Institute，简称 ANSI）等首先进行．一些工业发达的国家如日本，在其工业标准中（JIS）也颁布了软磁盘的标准．

表 8.1 ISO 不同规格软磁盘标准编号及 PTB 基准盘编号

ISO 标准号	内　　容	PTB 基准盘号
ISO 5654	8 in 单面单密度软磁盘	
5654/1	尺寸、物理性能和磁性能	
5654/2	磁道格式	
ISO 7065	8 in 单面倍密度软磁盘	
7065/1	尺寸、物理性能和磁性能	
7065/2	磁道格式	
ISO 6596	5.25 in 单面倍密度软磁盘	RM6596
6596/1	尺寸、物理性能和磁性能	(1989 年底截止)
6596/2	磁道格式	
ISO 7901	5.25 in 单面或双面硬扇区软磁盘	
ISO 7487	5.25 in 双面倍密度软磁盘	RM7487
7487/1	尺寸、物理性能和磁性能	
7487/2	磁道格式 A	
7487/3	磁道格式 B	
ISO 8378	5.25 in 双面倍道密度软磁盘	
8378/1	尺寸、物理性能和磁性能	
8378/2	磁道格式 A	
8378/3	磁道格式 B	
ISO 8630	5.25 in 双面高密度软磁盘	RM8630
8630/1	尺寸、物理性能和磁性能	
8630/2	磁道格式 (77 磁道)	
8630/3	磁道格式 (80 磁道)	
ISO 8860	3.5 in 双面倍密度软磁盘	RM8860
8860/1	尺寸、物理性能和磁性能	
8860/2	磁道格式	
ISO 9529	3.5 in 双面高密度软磁盘	RM9529
9529/1	尺寸、物理性能和磁性能	
9529/2	磁道格式	

我国建立了国家计算机标准化委员会，其中柔性磁媒体分委员(机电工业部三十三所为牵头单位)负责制定我国的软磁盘技术标准。我国的各种软磁盘的标准和 ISO 标准是等同的；ANSI, ECMA, JIS 的软盘标准和 ISO 的标准基本一致，只在个别项目上有所增减或提法上略有差别。所以说，一种软磁盘符合 ISO 标准，也就符合了 ANSI 和 ECMA 标准及我国的国家标准。

国际标准化组织 ISO 委托联邦德国技术物理研究所（Physikalisch-Technische Bundesanstalt，简称 PTB）建立各种规格软磁盘的信号幅度基准软磁盘（Reference Material），软磁盘电磁性能测试应当以 PTB 的基准软磁盘作为参比标准，软磁盘的生产厂家应当具备 PTB 二次基准软磁盘，这样才能使测试的结果有可比性。

在表 8.1 中列出了自软磁盘问世之后 ISO 所公布的不同规格软磁盘的标准号，以方便软磁盘生产厂家索取。

第二节　软磁盘国际标准简介

为了保证软磁盘的互换性和可靠性，软磁盘的国际标准规定了详细要求，下面我们对软磁盘的国际标准综合介绍如下。

（1）环境要求

1）测试环境条件

温度：23±2℃

相对湿度：40—60%

测试前在测试条件下放置时间：24 小时

2）工作环境条件

温度：10—51.5℃

相对湿度：20—80%

3）存放条件

温度：4—53℃

相对湿度：8—90%

4）运输条件

温度：—40—60℃

相对湿度：8—90%

（2）标准中规定了各零部件使用材料的要求

（3）机械尺寸

提出了盘片、外套及其它零部件的尺寸和允许公差。

(4) 物理特性

1) 盘片的热膨胀系数：$(17\pm8)\times10^{-6}$mm/(mm·℃)

2) 湿膨胀系数：$(1—15)\times10^{-6}$mm/(mm·%相对湿度)

3) 起动转矩和运行转矩

(5) 磁性区特性

1) 记录区面积，规定了两个半径的圆内所夹范围内磁性是

表 8.2 5.25 in 软盘的 ISO 标准主要数据指标

种类		双面倍密度	双面高密度
ISO 标准号		ISO 7487/1	ISO 8630/1
外套	光透射率(%)	<1	<1
盘片	总厚度 e_2(mm)	$1.2<e_2<2.1$	$1.2<e_2<2.1$
	起动转矩 (N·m)	≯0.01	≯0.01
	运行转矩(N·m)	0.01—0.03	≯0.03
	磁道数/面	40	80
	磁道宽度 (mm)	0.300±0.025	0.155±0.015
	磁道位置 (mm)	$R_n=x-\frac{25.4n}{48}$	$R_n=x-\frac{25.4n}{96}$
		$n=0$ 至 39	$n=0$ 至79
		0 面: $x=57.150$	0 面: $x=57.150$
		1 面: $x=55.033$	1 面: $x=55.033$
	磁道位置公差 (mm)	±0.025	±0.025
	磁道编号:	00—39	00—79
	电磁性能测试条件		
	磁盘转速 (r/min)	300±6	360±7
	测试频率:		
	1F(磁通翻转数/s)	125 000±125	250 000±250
	2F(磁通翻转权/s)	250 000±250	500 000±500
	平均信号幅度		
	00 道 1F	<130%Ref.	<130% Ref.
	最内道 2F	>80%Ref.	>80% Ref.
	分辨率	>90%Ref.	>90% Ref.
	重写	<100%Ref.	<150% Ref.
	调制	<10%	<10%
	漏码门坎	<40%	<40%
	冒码门坎	≤20%	≤20%

表 8.3 3.5 in 软盘 ISO 标准主要数据指标

软盘种类	1MB（非格式化容量）	2MB（非格式化容量）
ISO 标准号	8860/1	9529/1
项目		
起动转矩(N·m)	<0.006	<0.006
运行转矩(N·m)	0.005—0.0025	0.005—0.0025
每面磁道数	80	80
相邻磁道中心线间距(mm)	0.1875	0.1875
磁道宽度（mm）	0.115±0.008	0.115±0.008
磁道序号	00—79	00—79
磁道位置（mm）	$R_n = x - 0.1875n$	$R_n = x - 0.1875n$
	n = 00—79	n = 00—79
	0 面：$x = 39.5$	0 面：$x = 39.5$
	1面：$x = 38.0$	1 面 $x = 38.0$
磁道位置公差	±0.020	±0.020
磁盘转速（r/min）	300±3	300±3
测试频率（磁通翻转权/s）	1F = 125 000±125	1F = 250 000±250
	2F = 250 000±250	2F = 500 000±500
平均信号幅度		
1F（00 道）	<130% Ref.	<130% Ref.
2F（79 道）	>80% Ref.	>80% Ref.
分辨率	>80% Ref.	>80% Ref.
峰值位移	63—137% Ref.	63—137% Ref.
重写	125% Ref.	125% Ref.
调制	<10%	<10%
漏码门坎	<45%	<45%
冒码门坎	<20%	<20%

均匀的，即指该区域为记录区。

2）磁道的几何形状　规定了每张盘每面的磁道数，磁道宽度和磁道间距，以及磁道位置允许的公差。

（6）电磁性能

1）所用驱动器转速及允许公差

2）测试频率

3）典型磁场强度

4）测试信号幅度，分辨率，峰值位移（3.5 in 软磁盘），调制噪声和重写噪声的数值。

（7）磁道质量　　规定了漏码和冒码门坎。

我们用表 8.2 和表 8.3 综合介绍 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘的国际标准中的主要数据指标。

第三节　基准软磁盘

公认的基准软磁盘是由联邦德国 PTB 制造的。这一机构和美国国家标准局（NBS）地位相当。

一、基准软磁盘的产生过程

（1）由 ISO 信息处理系统/柔性数字式数据交换磁介质分委会向 PTB 下达建立软磁盘基准材料的委托书，PTB 接受委托开始工作；

（2）PTB 的第一步工作是，从大量驱动器中找出一台驱动器，该驱动器的性能最接近于其它驱动器测试结果的平均值，这台驱动器为“金驱动器”（Gold Drive）；

（3）用“金驱动器”测试多种牌号的软磁盘，求出软磁盘的特性平均值。这一数值称为“金平均值（Gold Average）”，这一平均值包括所有电磁性能测试项目的平均值，如金写电流（Gold Current），金平均信号幅度（Gold TAA）等。具有金平均值的软磁盘为软磁盘的基准母盘（Master Reference Disk）；

（4）金平均值确定之后可以挑选出一批接近于金平均值基准母盘性能的二级基准盘（Secondary Reference Disk）。这些二级基准盘并不需要每一条磁道都是好的，只要求测试磁道（最外磁道和最内磁道）是好的即可；

（5）每一片二级基准软磁盘都要多次测量饱和写电流，以便确定 150% 点的位置，并与金写电流对比，得到基准磁场百分数，

用以校准二级基准盘的写电流；

(6) 基准盘的建立及二级基准盘的选定都是由专人或一个专门小组来进行的，以保证数据的一致性。

二、基准盘的使用

每个软磁盘生产厂家都应该必备 PTB 二级基准软磁盘，以保证测试数据的可靠性。

从 PTB 购买来的二级基准盘是十分贵的，为了避免在使用过程中将基准盘损坏，磨损或划伤，影响校准的准确性，平时要用二级基准盘标定出三级基准盘作为日常校准测试使用。

通常用基准盘来校准驱动器之前，应首先用清洗盘清洗驱动器磁头，以防插入的 PTB 盘被沾污或损坏。驱动器需要每星期清洗一次。

在先进的测试仪上，驱动器校准、测试的基准磁场，磁道平均幅度，分辨率，峰值位移等校准是自动进行的。只要将二级基准软磁盘的数据输入测试仪内的硬盘存储器中储存起来，就可以在软磁盘测试中，将被测盘和 PTB 基准母盘的对应关系自动计算出来。

三、PTB 二级基准盘实例

从 PTB 购买来的二级基准盘在盘片的标签上注有以下几个内容：

(1) 基准材料号；

(2) 基准盘编号；

(3) 基准场与母盘对应关系；

(4) 标准基准幅度 (SRA) 对应关系；

(5) 分辨率；

(6) 峰值位移 (3.5 in 软磁盘)；

(7) 重写。

请见其标签实例：

RM 9529		No. 159	
		Side. 0	Side. 1
Ref. Field	%	98	107
SRA 1F/00	%	101	96
SRA 2F/79	%	108	105
RES/79	%	106	106
Peak Shift	%	100	100
Overwrite	%	86	97

标签上的数据表示了这张二级基准盘的电参数与 PTB 基准母盘的对应关系。

即这张 PTB 二级基准盘的各项数值关系为：

		0 面	1 面
基准磁场	%	98	107
标准基准幅度 1F/00	%	101	96
2F/79	%	108	105
分辨率/79	%	106	106
峰值位移	%	100	100
重　写	%	86	97

第四节　ISO 标准对软磁盘的要求

ISO 软磁盘标准对于不同规格的软磁盘提出了两个方面的要求：一是电磁特性，包括平均信号幅度、分辨率、重写噪声和调制噪声，对 3.5 in 软磁盘又增加了峰值位移的测试项目；另一方面的要求则是磁道质量，即是否有漏码或冒码造成坏磁道。如果上述要求均能合格，而且在尺寸，物理性能等方面也达到了要求，则视为一个合格的软磁盘，否则视为拒收废品或次品。下面我们以 2MB 3.5 in 软磁盘为例，对各项指标的意义加以说明。

一、电磁性能指标

1. 平均信号幅度（TAA）

ISO 标准规定用 1F 频率写 00 磁道，2F 频率写 79 磁道，读出测试软磁盘的平均信号幅度，并与 RM 9529 的信号输出幅度进行对比：

00 磁道的平均信号幅度应小于信号基准幅度 SRA 1F/00 的 130%。

79 磁道的平均信号幅度应大于 SRA 2F/79 的 80%。

用 Medialogic 2000 软磁盘分析仪测试时，可以测出（显示或打印）TAA 的绝对值，该绝对值是从磁头直接读出的未经放大的电压值，以毫伏数（mV）表示，也可以读出与基准盘对比的相

表 8.4 2 MB 3.5 in 软磁盘测试结果举例

（1）绝对值测试结果

面数	磁道号	TAA(mV)		RES (%)	MOD (%)		OVR (dB)
		1F	2F		+MOD	−MOD	
0	0	2.77	2.75	99.3	1.6	1.0	−35.8
0	79	1.83	1.33	76.7	3.7	2.9	
1	0	2.78	2.91	98.6	2.1	0.6	−38.8
1	79	1.82	1.20	69.5	3.7	2.2	

（2）与基准盘对比相对值

面数	磁道号	TAA (%)		RES (%)	OVR (%)	MOD (%)	
		1F	2F			+MOD	−MOD
		与基准盘的相对值					
0	0	100.00	99.60	99.5	105.3	2.1	0.8
0	79	101.10	99.00	93.0		3.7	2.4
1	0	104.60	99.30	100.6	117.1	2.1	0.7
1	79	100.00	102.20	97.4		4.1	1.3

表中说明：MOD 为调制。
+MOD 为正调制。
−MOD 为负调制。

对值.

表 8.4 给出了一个测试实例.

应该指出，在软磁盘测试中所有电磁性能参数都是以 TAA 为基础的，因此 TAA 是最基本的参数.

2. 分辨率 (RES)

在最内磁道即 79 道上测量 2F TAA 和 1F TAA，其比值为分辨率.

$$\text{RES} = \frac{\text{2F 的 TAA}}{\text{1F 的 TAA}} \tag{8.1}$$

这一比值应大于基准母盘分辨率的 80%.

这里要加以说明的是，为什么把上述比值看做是软磁盘介质的分辨率呢？在理想情况下如果 2F 频率输出信号波形足够陡，而且相邻脉冲不因拥挤而变形，那么 2F TAA 应当和 1F TAA 相等，此时分辨率应为 1. 但实际上，软磁盘记录过程中，随着记录频率的增大，相邻脉冲要相互干扰，相互削弱，致使高频信号的 TAA 下降.

1 MB 和 2MB 3.5 in 软磁盘信号幅度都随记录频率的增加而下降.数字磁记录理论和实践表明，介质磁层越厚，矫顽力越低，由于磁层表面粗糙造成介质与磁头间距损失越大，则高频输出信号幅度受相邻脉冲干扰越严重，分辨率越低. 1MB 3.5 in 软磁盘由于磁层比 2 MB 盘磁层厚，同时磁层矫顽力又较低，因此记录频率增加时 TAA 的下降比 2 MB 软磁盘快，故其分辨率比 2 MB 盘低. 因此，可以说分辨率是衡量相邻脉冲相互干扰程度的一个尺度，也是介质性能优劣的重要标志.

3. 峰值位移 (Peak Shift)

在记录频率足够高的情况下，不但发生如前所述的脉冲拥挤使输出信号幅度下降，而且还会出现脉冲波形最大值偏离预定位置的现象，这种偏离就是我们所说的峰值位移. 图 8.1 给出峰值

位移的原因，图中说明了由于脉冲拥挤，正、负电压的相互抵消，使脉冲峰值发生了位移。

不难理解分辨率的降低和峰值位移的加大是一致的，是从不同角度来反映相邻脉冲的干扰。

2MB 3.5 in 软磁盘的 ISO 标准规定，被测软磁盘的峰值位移应在基准母盘峰值位移的 63—137% 之间。

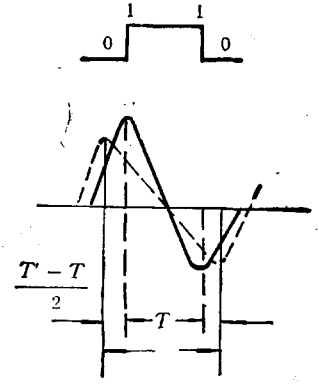


图 8.1 峰值位移的原因

4. 重写 (OVR)

重写的定义是，首先在磁道上写入 1F 频率信号，接着在不抹除 1F 信号的情况下再写入 2F 频率信号。残余的 1F 信号强度与原先 1F 信号强度之比为重写，亦称重写噪声。按 ISO 标准 9529 规定，2MB 3.5 in 软磁盘的重写比值：

$$\mathrm{OVR}(\%) = \frac{\text{2F 重写后残余的 1F 信号幅度}}{\text{最初写入的 1F 信号幅度}} \qquad (8.2)$$

应小于基准母盘相应值的 125%。

重写噪声的大小还可以用分贝 (dB) 来表示：

$$\mathrm{OVR(dB)} = 20 \times \log \mathrm{OVR}(\%) \qquad (8.3)$$

在软磁盘的技术标准中之所以规定重写这一项目，是由于软磁盘写入信号的方式所决定的。当记录在软磁盘上的数据要更换为新数据时，驱动器上并没有一个专门的抹磁头去抹除原有信号，而是在原数据之上写入新数据的同时就把原数据抹除掉了。写入信号的波长越大，即频率越低，在磁层上磁化得越深，所以若用 1F 信号在 2F 信号上重写，则不会出现 2F 的残余信号；而反之用 2F 信号在 1F 信号的基础上写入，则难以将原 1F 信号去除干净(参见图 8.2)，从而出现残余原信号对新信号的干扰。

减小重写噪声的途径是减薄磁层，使能够磁化深入到下层的

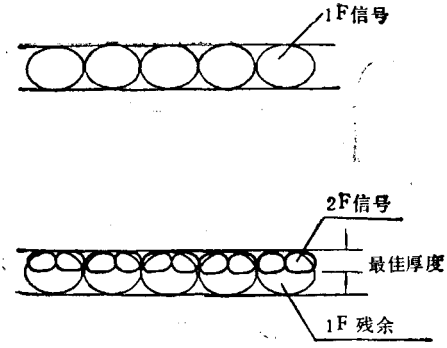


图 8.2　重写噪声起因示意

1F 信号无从磁化深入，则 2F 信号可以将其抹除得干净一些。当记录密度提高时要求减薄磁层，其目的之一就是为了减小重写噪声。

从以上讨论可以看出，重写噪声是磁层厚度是否适当的量度，磁层越厚重写噪声就越大。

5. 调制 (MOD)

从图 8.3 可以看出，一条磁道上读出的信号不会大小一般整齐的，而是有高有低，ISO 标准规定调制噪声为：

$$MOD = \frac{\text{最大信号平均值} - \text{最小信号平均值}}{\text{最大信号平均值} + \text{最小信号平均值}} \qquad (8.4)$$

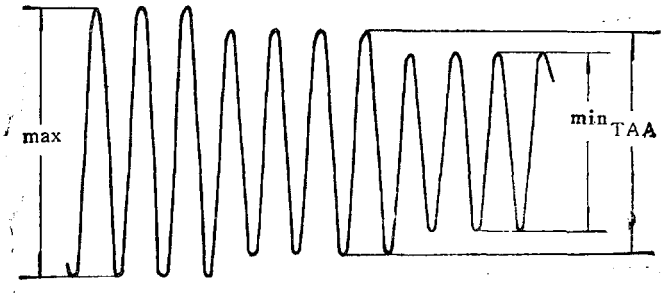


图 8.3　输出信号幅度最大值、最小值、平均值示意

式(8.4)中最大信号平均值是从一个磁道内选择输出幅度之最大部分进行平均，最小信号平均值是选该磁道输出幅度最小部分进行平均．输出电压是测量峰-峰值，平均值要在连续2000以上的磁通翻转下进行．

3.5 in 2MB 软磁盘的记录频率为 500k ft/s，每一个磁通翻转的周期为 2μs，连续2 000个磁通翻转需要 4ms．实际测定调制时，就要把一个磁道划分成若干段，每段至少 4ms，先求每段的平均值，再选择其中最大及最小值求出调制．

二、磁道质量

从以上的电磁性能测试，无论是平均信号幅度，分辨率，重写或调制，都是找有代表性的最内磁道或最外磁道进行的．这样测定的参数是统计平均结果，还不能充分地反映整个记录区的磁盘质量．因此需要对每一条磁道的质量进行测试．测试的内容包括漏码和冒码．

1. 漏码 (Drop Out 或 Missing Pulse)

漏码也称丢失脉冲，在 ISO 标准中规定，用 2F 信号(即二进制全1信号)在磁道上写入，然后测量每一个信号幅度；如果任何一个信号的基峰值低于本磁道平均信号幅度一半的 40%(5.25 in 软磁盘)或 45%(3.5 in 软磁盘)，则视为一个漏码．通常把漏码界限的规定值称为漏码门坎 (Drop Out Threshold)．显然，漏码门坎规定得越高，则表示对软磁盘磁道质量要求得越严格．

2. 冒码 (Drop In 或 Extra Pulse)

冒码亦称多余脉冲．先在磁道上写入 2F 信号，然后用直流磁场将信号抹除，再读出抹后的残余信号强度，若读出的信号的基峰值超过本磁道平均信号幅度一半的 20%，则视为冒码．

和漏码门坎相反，冒码允许的界限值规定得越低，则表示对软磁盘质量要求越严格．有关软磁盘的冒码问题将在第十一章详细

讨论。

第五节 小 结

为了保证软磁盘的可靠性和互换性，ISO 标准对软磁盘的尺寸，物理性能和电磁特性以及磁道质量进行了严格的规定。

在电磁特性上，首先规定了基准磁场和应采用的测试电流。通过 PTB 二级基准盘可以协助测试人员确定测试电流，这是 PTB 基准盘的首要作用。没有正确的测试电流，则测试的所有电参数都没有可比性，就无法与 PTB 基准相对应，这一点许多软磁盘测试人员还认识不足，应该充分发挥基准软磁盘的作用。

信号幅度是各种电磁参数的基础，各种电磁参数之间也是相互有联系的，各种电磁参数的相互联系我们将在下一章讨论。

第九章　软磁盘的电性能测试

第一节　引　　言

在前一章里我们介绍了软磁盘的国际标准以及各种电学参数的意义。在这一章中，将讨论如何测试这些电学参数的问题。首先我们要介绍测试设备，通过对这些测试设备功能的介绍，掌握软磁盘的测试方法；而后我们将讨论各电学参数之间的相互关系，这将使我们认识到，各个电学参数并非孤立的，而是彼此之间有密切关系的。我们综合地分析各种参数可以对软磁盘的性能有更深入的理解。

一个具有开发能力的软磁盘生产厂家，应当具备两种软磁盘电性能测试设备：

第一种是软磁盘分析仪，这是用来对软磁盘进行质量分析（Quality Analysis, QA）的。这种设备除了可以测试软磁盘的国际标准中规定的全部特性之外，还可以测试更多的项目，并且可以作为本厂的基准测试设备来校准生产线上使用的测试设备。这种分析仪应当由有经验的质量工程技术人员使用和维护，而由于测试的内容多，速度不会很快，因而只能测试为数不多的样品。

第二种软磁盘测试仪又称为鉴定仪（Certifier），是日常在生产线上检查产品是否合格用的。这种测试仪只能确定产品的等级，而不能给出电学参数值，所以是属于质量控制（Quality Control, QC）设备。由于软磁盘每一片均需检测，所以大的软磁盘生产厂家需要许多台鉴定仪。和前述分析仪相比，这种设备测试项目少，因而测试速度快。

下面我们首先介绍软磁盘测试仪的功能，并列举实例来说明测试方法。

第二节　软磁盘分析仪

早期生产软磁盘分析仪的有美国 Three Phenix, Mountain 等公司，这些公司生产的软磁盘分析仪基本上只是测试软磁盘 ISO 标准中规定的电性能参数。后来美国 Media Logic，法国 MSI 等公司相继推出各种系列的产品，可以测试的项目越来越多，利用这些测试仪可以对软磁盘的性能进行更全面的分析。

Media Logic 公司生产的 ML-2000 软磁盘磁头/介质评估系统（Floppy Disk Head/Media Evaluation System）是一个功能齐全的软磁盘分析设备，不仅可以全面地分析介质的电磁特性，还可以测试软磁盘驱动器磁头的特性。据介绍，承担 ISO 委托制做基准软磁盘的联邦德国技术物理研究所（PTB）以及许多著名软磁盘生产厂家均采用这种分析设备。我们利用这种分析设备做了许多软磁盘质量分析工作，并用以校准生产线用的软磁盘鉴定器。Media Logic 公司后来推出了 ML-5000 台式软磁盘分析仪，又增加了一些新功能，由于用 PC-AT 代替 ML-2000 上采用的 PDP-11/23 小型机，价格便宜了许多。

MSI（Media Service International）是软磁盘测试仪生产厂家中最年轻的一员，所生产的测试仪小巧轻便，在测试功能上颇有特色，MSI-600 为其代表性产品。

机电工业部第三十三研究所开发的软磁盘分析仪（FD Analyser），是将微型计算机增加一块软盘测试用的线路板，使得其功能加以扩展，来实现软磁盘的测试的。这种分析仪具有的特殊功能在分析软磁盘上很有用途，是华源磁电公司等单位常用的测试设备之一。

下面我们分别介绍以上四种软磁盘分析仪。

一、ML-2000 磁头/介质评估系统

Media Logic 公司发展的软磁盘分析仪有 ML-2000 和 ML-

5000 两种. 前者是以 DEC PDP-11/23 小型机为主机的分析仪，后者是以 PC-AT 微机为主机的分析仪. ML-2000 有一台 12.8 MB 硬盘和一台 5.25 in 软磁盘驱动器存储软件，外部设备可以接 CRT 显示，也可以用打印机打印出测试结果.

ML-2000 上装有 8 台测试用的软磁盘驱动器，其中：

1# 为 5.25 in 倍密度驱动器；

2# 为 5.25 in 高密度驱动器；

5#、6#、7# 为 1 MB 3.5 in 驱动器；

3#、4#、8# 为 2 MB 3.5 in 驱动器.

上述驱动器中，3 台 1 MB 和 3 台 2 MB 驱动器是不同厂家生产的，在某些性能上是有差别的，因而对同一盘片的某些参数的测试结果会有差异，这一点可以用来进行对比试验.

ML-2000 打开电源之后，显示器显示出测试仪的测试项目有：

(1) 电性能和漏码、冒码测试；

(2) 显示分析仪的结构；

(3) 基准软磁盘测试；

(4) 磁头的饱和写电流；

(5) 峰值位移测试；

(6) 磁头对称性测试；

(7) 在线工程测试；

(8) 错误特性曲线；

(9) 抛光效果测试；

(10) 记录密度曲线；

(11) 校准设备软件；

(12) 参数软件的维护；

(13) 数据分析程序；

(14) 相编码分析；

(15) 漏码、冒码、数据窗口偏离分析.

以上 15 种测试功能可以任选一个进行应用. 限于篇幅，下面

我们通过一些应用实例只讨论几项重要的功能。

1. ML-2000 用驱动器的校准

ML-2000 分析仪上有 8 台软磁盘驱动器，这些驱动器都是分析仪生产厂家经过挑选过的性能良好的驱动器。但是，我们在用其中任何一台驱动器进行测试软磁盘的电性能参数时，都必须对其进行校准，否则测定的参数是缺乏可比性的。

为什么要对驱动器进行校准呢？我们在前一章介绍软磁盘的 ISO 标准时已经提到，平均信号幅度、分辨率、重写等重要电学参数，都要和基准母盘比较，才能判断被测软磁盘的性能优劣，因此校准驱动器的目的，就是为了使被测试盘的性能和 PTB 的基准母盘的性能可以在使用的驱动器上进行比较。

对驱动器进行校准的程序如下：

第一步：将 PTB 二级基准盘放入待校准的驱动器中；

第二步：利用功能 (4) 即测定磁头的饱和写电流的功能，测定 0 面磁头和 1 面磁头的写电流饱和曲线，根据该曲线及 PTB 二级基准盘的基准磁场相对值确定测试记录电流；

第三步：将 PTB 二级基准盘的各项参数校正因子输入到测试仪的系统盘中，这时要用功能 (12)，即参数软件的维护这一功能软件；

第四步：利用功能(3)，即基准软磁盘测试这一软件，将 PTB 盘的电学特性实际测定值输入到测试仪的系统盘中。

上述第二步是建立基准磁场，使得被校准驱动器的磁场和当初 PTB 基准母盘的磁场一致；而第三步和第四步则是为了通过 PTB 二级基准软磁盘建立与 PTB 基准母盘的联系。

2. 利用饱和电流曲线确定测试电流

当以一定的频率在软磁盘的某一磁道上写入信号时，向驱动器磁头读写线圈通入写电流的大小决定了磁头磁场的大小，从而会影响介质被磁化的状态，进而影响到读出信号的强度。改变写

电流（$I_{写}$）的大小会发现有如下规律性：写电流 $I_{写}$ 由小不断加大时，磁道平均信号幅度也不断增加；但当写电流增大到一定数值时，平均信号幅度不再增加，这时我们说磁场已经达到饱和，而磁场达到饱和时所使用的写电流称为饱和写电流。当写电流进一步增加到某一阶段之后，平均信号幅度开始下降。我们把这样一条输出信号幅度与写电流的关系线称为磁头的饱和电流曲线（见图 9.1）

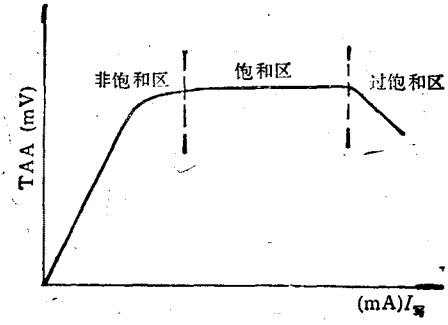


图 9.1 饱和电流曲线

饱和电流曲线的形状和磁头的结构、磁头铁芯材料的性能以及表面状态等有关，是磁头的重要特性之一。同一个磁头，随软磁盘介质的不同，饱和电流曲线的形状也各异。

从图 9.1 我们还可以看出：选择的写电流不同时，测定的磁道平均信号幅度会很不相同。例如当使用的写电流处于非饱和区，则会使信号幅值偏小。在日常的软磁盘测试中会发现：如果使用的测试电流偏小，不仅平均信号幅度偏低，而且分辨率也偏低，重写会变大，调制也偏大，并会出现不应有的漏码。这样，就会把一片本来是合格的软磁盘误认为是不合格的废品，从而使成品率下降。因此，采用正确的方法选择磁头的写电流是准确测试软磁盘的首要条件。

在讨论如何确定写电流（测试电流）之前，首先要明确几个重要的定义，这些定义都是软磁盘的国际标准中规定的。

（1）基准幅度母盘（Master Standard Reference Flexible Disk

Cartridge) 作为基准磁场、信号幅度、分辨率、峰值位移和重写的标准的基准软磁盘。该盘两个面的 00 磁道和 79 磁道作为基准磁道。不同规格（例如 5.25 in 和 3.5 in）软磁盘的基准母盘都是由联邦德国 PTB 选择的，并且保存于 PTB；

(2) 二级基准软磁盘 (Secondary Standard Reference Flexible Disk Cartridge) 我们从 PTB 购买的基准软磁盘，其电性能是已经测定的，和基准母盘之间已经建立了联系。二级 PTB 基准盘是用来校准测试仪用的；

(3) 典型磁场 (Typical Field) 当以规定的磁通翻转密度在指定的磁道上写入信号时，得到一条平均信号幅度与记录磁场的关系曲线，即前面讨论的 TAA-$I_{写}$ 饱和电流曲线。从曲线上找一个最小的磁场，其 TAA 相当于最大 TAA 的 95%，这一磁场称典型磁场；

(4) 基准磁场 (Reference Field) 基准母盘的典型磁场为基准磁场，两个记录面各一个基准磁场；

(5) 测试记录电流 (Test Recording Current) 当在 00 磁道上以 1F 信号频率记录时，产生基准磁场所需电流的 148% 至 150% 之间的电流称为测试记录电流。

从上面的 5 个定义可以看出，校准测试仪的首要任务是选择测试记录电流，以便确定一个在所有测试设备上大家都公用的磁场。理想的情况是：大家都用基准母盘、并以 1F 信号在 00 磁道上做饱和电流曲线来测定。但这是不可能的，因为这张母盘很快会被磨损而坏掉。唯一可行的方法是借助二级基准盘进行标准的传递。

下面我们来看如何用二级 PTB 基准盘确定测试记录电流：

(1) 将二级基准 PTB 盘插入测试仪的驱动器中；

(2) 以 1F 信号在 0 面(或 1 面，两面均需测定)测定磁头饱和电流曲线；

(3) 从饱和电流曲线上找出磁场达到饱和时的 TAA 值；

(4) 计算出磁场饱和时 TAA 值的 95% 的数值，这时写电流

$I_{写}$ 的大小即形成典型磁场所需的写电流值；

(5) 根据二级 PTB 基准盘标签上提供的该基准盘典型磁场与母盘基准磁场之比值计算出基准磁场所要求的写电流，再乘以150%即得出应选择的测试记录电流。

例如 2MB 3.5 in 软盘驱动器 0 面磁头的饱和电流曲线如图9.2 所示. 该曲线是用 RM9529 No.241 号二级 PTB 基准盘测试的，该盘的典型磁场与基准磁场之比为 104%，从饱和电流曲线得出其典型磁场电流为 2.38mA，则基准磁场电流为 2.27mA，再乘以150%后得出测试记录电流为 3.40mA。

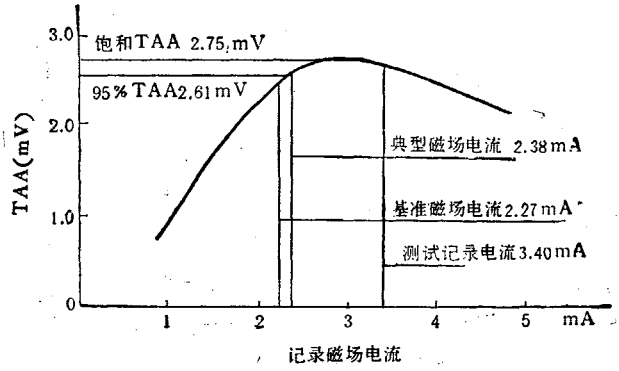


图 9.2 2MB 3.5in 软磁盘饱和电流曲线 (0 面)

利用上述方法确定了 0 面和 1 面的测试记录电流之后，将二级基准盘的其它电参数与基准母盘之比值（实例参见上一章第三节）也输入到测试仪的系统盘中，就完成了一台驱动器的校准工作。

随着测试仪的不断使用，驱动器磁头会逐渐磨损，而其饱和电流曲线也在不断变化：信号幅度会下降，达到饱和的电流值会变大，因此，测试仪驱动器应定期校准，以使测试结果保持准确性。

此外，还有一个抹电流的选择问题：磁头抹线圈所选用的电流一般和写电流 $I_{写}$ 大小相等即可。

3. 电性能和漏码冒码的测试

这是 ML-2000 测试仪的主菜单中之第一项功能，也是在日常分析软磁盘时应用得最为广泛的功能。因为利用这项功能，除了没有峰值位移测试之外，几乎包括了 ISO 标准中全部电磁性能的测试，即在电性能中可以测试两个面最内磁道和最外磁道的磁道平均信号幅度、分辨率、重写和调制；在测试磁道质量时，可以测试两个面全部磁道的漏码和冒码，显示漏码和冒码电平，并给出产生漏码和冒码的磁道号数及位置（以距离索引孔的角度示出）。

如前所述，在采用这一功能测试之前，应当先用二级 PTB 基准盘确定测试记录电流，并且将二级基准盘的电参数（TAA,RES, OVR）与基准母盘之比值输入到测试仪的系统盘中。这样，计算机将测试结果自动换算成与 PTB 基准母盘的比值，从而使显示或打印出来的 TAA、RES 和 OVR 的比值是被测盘电参数与

表 9.1 3.5 in HD 软磁盘电磁特性(绝对值)

测试面	磁道号	TAA(mV)		RES (%)	OVR (dB)	MOD(%)	
		1F	2F			+MOD	−MOD
0	0	2.89	2.83	97.9	−32.8	2.1	3.0
0	79	1.81	1.45	80.6		4.5	2.9
1	0	2.50	2.46	98.4	−34.3	1.5	1.7
1	79	1.56	1.19	76.7		3.4	2.2

表 9.2 3.5 in HD 软磁盘电磁特性(相对值)

测试面	磁道号	TAA (%)		RES (%)	OVR (%)	MOD (绝对值)	
		1F	2F			+MOD (%)	−MOD (%)
0	0	93.00	98.60	99.8	80.9	2.1	2.8
0	79	97.80	95.40	107.1		3.7	3.6
1	0	94.90	98.00	99.1	89.1	2.1	1.6
1	79	96.90	93.70	100.3		2.9	2.1

表 9.3 10 片 2MB 3.5 in 软磁盘的电磁特性统计分析

分析项目	测试面	磁道号	TAA (%)		RES (%)	MOD (%)		OVR (%)
			1F	2F		+MOD	−MOD	
平均值	0	0	99.79	95.59	100.67	2.50	0.95	58.3
	0	79	98.53	99.81	98.34	3.16	0.49	
	1	0	101.63	95.93	100.19	2.31	0.85	74.2
	1	79	98.88	98.02	98.33	3.23	0.87	
平均偏差	0	0	1.76	1.51	0.72	0.25	0.40	4.9
	0	79	1.38	0.94	1.07	0.50	0.59	
	1	0	1.75	1.11	0.85	0.43	0.62	7.2
	1	79	1.09	0.70	1.23	0.62	0.65	
最大值	0	0	103.00	98.30	102.40	2.80	1.90	67.8
	0	79	101.00	101.80	100.20	4.20	1.90	
	1	0	105.20	97.70	101.40	3.30	3.00	90.2
	1	79	100.60	99.70	100.50	4.40	2.00	
最小值	0	0	96.40	93.90	99.60	2.00	0.40	51.1
	0	79	96.40	98.30	95.50	2.20	0.00	
	1	0	98.40	94.00	98.30	1.70	0.10	58.9
	1	79	96.60	97.30	96.30	2.10	0.00	

PTB 基准母盘相应参数之比值，即相对值。

利用这一功能，除测试与 PTB 基准母盘之相对值而外，也可以测定电参数之绝对值。在表 9.1，表 9.2 中分别给出了一片 2MB 3.5 in 软磁盘的电磁性能的绝对值和相对值。ML-2000 分析仪有统计分析的功能，表 9.3 给出了对 10 片 2MB 3.5 in 软磁盘测试的统计平均值、平均偏差、最大值及最小值。

下面对于各电学参数的测试过程做一简单介绍。

(1) 磁道平均信号幅度

(a) 在磁道的整个一周上写入信号；

(b) 测定磁道平均信号幅度 TAA，并且以毫伏值显示出来。

(2) 分辨率测试

(a) 在磁道上写入 1F 信号(即全“0”信号，或称低频信号)；

(b) 测定 1F 信号磁道平均幅度 TAA;

(c) 将上述信号抹除;

(d) 在同一磁道上写入 2F 信号(即全"1"信号,或称高频信号);

(e) 测定 2F 信号磁道平均幅度 TAA;

(f) 计算并显示分辨率:

$$RES = \frac{2F\ TAA}{1F\ TAA} \times 100\% \qquad (9.1)$$

(3) 重写测试

(a) 在磁道上写入 1F 信号;

(b) 测定 1F 信号的磁道平均幅度 TAA;

(c) 再于该磁道上写入 2F 频率信号,以抹除原有的 1F 信号;

(d) 用选频电压表测量残余的 1F 信号平均幅度;

(e) 重写可以用两种方式来表达:

百分值:

$$OVR(\%) = \left(\frac{\text{残余 1F TAA}}{\text{原有 1F TAA}}\right) \times 100\% \qquad (9.2)$$

分贝值:

$$OVR(dB) = 20\log\left(\frac{\text{残余 1F TAA}}{\text{原有 1F TAA}}\right) \qquad (9.3)$$

典型的重写之百分值与分贝值关系如下:

OVR(dB)	OVR(%)
−20	10
−26	5
−32	2.5
−40	1

(4) 调制的测试

在 ML-2000 软磁盘分析仪的电性能测试的功能中,可以提供两种调制的数据: 正调制 (Positive Modulation) 和负调制

(Negative Modulation). 而在另外一些软磁盘的测试设备中，如ML-3100 鉴定仪(下面将介绍)以及 ML-2000 的在线工程测试，还测试 ANSI 调制 (ANSI Modulation) 和 ECMA 调制(ECMA Modulation).

调制的测试过程及各种调制的定义如下:

(a) 在磁道上写入一周信号，00 磁道写 1F 信号，最内周写入 2F 信号;

(b) 测定整个磁道的平均信号幅度 TAA;

(c) 再将整个磁道分为若干段，通常每段为 5ms;

(d) 测定每段内信号幅度之平均值，选出最大及最小的信号平均值;

各种调制定义如下:

$$+\text{MOD} = \frac{\text{最大信号平均值} - \text{TAA}}{\text{TAA}} \times 100\% \qquad (9.4)$$

$$-\text{MOD} = \frac{\text{TAA} - \text{最小信号平均值}}{\text{TAA}} \times 100\% \qquad (9.5)$$

$$\text{ANSI MOD} = +\text{MOD} \qquad (9.6)$$

$$\text{ECMA MOD} = \frac{(+\text{MOD}) + (-\text{MOD})}{2} \qquad (9.7)$$

(5) 漏码的测试

漏码的测试过程如下:

(a) 在电性能和漏码测试这一功能上，漏码门坎可以根据需要而在 5—100%范围内，预先任意设置;

(b) 在一条磁道上写入全"1"信号，即 2F 信号;

(c) 测定磁道的平均信号幅度 TAA;

(d) 计算机不断降低漏码门坎，以检出磁道上电平最低的信号及其位置(角度);

(e) 把检查出来的漏码电平和预先设定的漏码门坎相比较，如果前者高于后者则视为无漏码而不显示；若前者低于后者则显示在 CRT 上;

(f) 测定完一条磁道后再测相邻磁道，直至 0 面和 1 面全部磁道测完为止。

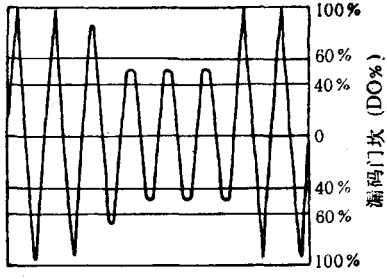


图 9.3 漏码门坎的设置

在图 9.3 中给出了漏码门坎的示意。

通常在生产线上使用的软磁盘鉴定仪漏码门坎一般是固定的，或者在某一个阶段内是不变的。例如按 ISO 标准，5.25 in 盘的漏码门坎为 40%。在 ML-2000 的漏码测试时任意设置漏码门坎的意义在于可以将漏码门坎值设置在 ISO 标准规定的 40%上，或者高于此值（例如 60%，甚至更高），这样可以考察被测试软磁盘的质量究竟达到什么水平。显然漏码门坎值设置得越高，则能通过时说明软磁盘介质的质量越好。

(6) 冒码的测试

冒码测试的步骤如下：

(a) 预先任意设置冒码门坎。ISO 标准规定，不论任何种类的软磁盘，冒码门坎均为 20%，我们可以把冒码门坎设置得低一些，越低越严格；

(b) 在磁道上写一周 2F 信号；

(c) 测定磁道平均信号幅度；

(d) 将信号以直流抹除；

(e) 计算机不断改变冒码门坎，直到找出该磁道最大残余信号电平；

(f) 和预置的冒码门坎比较，若超出则视为冒码，显示在 CRT 上，并显示冒码磁道号及位置(角度)，若找到的最大冒码电平低于设置的冒码门坎值则不显示；

(g) 测试完一条磁道再测相邻磁道，直到 0 面和 1 面全部磁道的冒码测试完毕。

这里要指出，为了节省测试时间，在实际测试时，每一磁道的漏码测试之后，将信号抹除即可测试冒码，不必重新写入 2F 信号和再次测试 TAA 值。

ML-2000 测试漏码和冒码的准确度是 TAA 测定值的 ±2.0%。

最后要谈一下软磁盘好、坏即合格 (Pass) 或不合格(Failed)的判别标准。

在利用 ML-2000 的第一功能测试软磁盘时，测试完毕在 CRT 上会给出一个测试的结论，即 Pass 或 Failed。这一结论是根据预先输入的文件和设置的漏码门坎以及设置的冒码门坎，再同测试结果相比较而得出来的。

在第 12 项功能，即参数软件维护的功能中，有一项判断标准文件(Limit File)，在这一文件中可以建立或修改软磁盘电性能参数 (1F TAA, 2F TAA, RES, OVR, +MOD, −MOD) 合格与否的判别标准。通常我们采用的判别标准就是 ISO 的标准，将这一标准输入到 Limit 文件中作为电性能测试合格与否的判别标准。例如，2MB 3.5 in 软磁盘的 ISO 9529 号标准中，对于电性能参数的标准规定是：

00 磁道 1F TAA $<130\%$ SRA_{1F}

79 磁道 2F TAA $>80\%$ SRA_{2F}

79 磁道 RES＞基准母盘 RES 的 80%

OVR＜基准母盘 OVR 的 125%

MOD＜10%

利用软磁盘分析仪测试软磁盘的质量分析人员，应逐步熟习各项参数的意义，合格与否的判别标准，并能找出造成质量不合格的原因。以上各项参数和软磁盘的性能、加工情况是直接相连的，而且各参数彼此是密切相关、而不是孤立的，后面我们将进一步讨论这一问题。

4. 三级基准软磁盘的制作

ML-2000 软磁盘测试仪并没有单独一项功能来制作基准软磁盘，但是，当我们熟习了上面所讨论的几项功能，并且对于基准软磁盘的作用有了比较深刻的了解之后，可以利用 ML-2000 或其它功能较齐全的软磁盘分析仪来制作基准软磁盘。

对于软磁盘制造厂家、测试中心、大的软磁盘用户，或软磁盘驱动器和磁头制造厂家，制作基准软磁盘很重要，因为从 PTB 购买二级基准盘十分昂贵（每片 500 多美元），经常使用难免磨损。所以，日常校准测试设备不应直接使用买来的二级 PTB 基准盘，而是利用买来的二级基准盘制做若干张三级基准盘，作为日常使用，而将二级基准盘妥善保存。

这里所说的制作并非象用微型计算机复制（Copy）软件那样，而是利用二级 PTB 基准软磁盘来确定软磁盘的基准参数，使其与 PTB 的基准母盘建立可比的联系。制作方法如下：

（1）选择一批外观良好的软磁盘；

（2）利用 ML-2000 的第一项功能（或其它测试仪的相同功能），测试每片盘的电性能参数及漏码和冒码；

（3）选择电性能参数和二级 PTB 基准盘相近的软磁盘，即 TAA、RES、OVR 与 PTB 基准盘相比之比值在 100%附近，而且要求在 00 磁道及最内磁道（39 或 79 磁道）没有漏码和冒码。由于最外和最内磁道是测试磁道，所以对中间磁道可以放宽要求，允许有些磁道有漏码；

（4）测试软磁盘的写电流饱和曲线，比较理想的软磁盘是：非饱和区较窄，饱和区较宽，而且此区域较平坦；

（5）根据饱和电流曲线确定其典型磁场所需的电流 I_T（即磁化饱和最小电流之 95%）多次确定 I_T 求平均值；

（6）测定二级基准盘的饱和电流曲线，确定其典型磁场所需电流，并根据该盘标签上的基准磁场相对值 RF(%)，求出基准磁场所需电流 I_R；

(7) I_T/I_R 即所制三级基准盘的 RF 值，通过这一数值就建立了制作盘与 PTB 基准母盘的联系，并且可以用来确定任一驱动器的测试电流；

(8) 将 00 磁道和最内磁道的电学参数（TAA, RES, OVR）重复测试三次，取平均值作为电学参数与 PTB 基准母盘之比值．为准确起见，测试前应该用 PTB 二级基准盘把测试仪校准好；

应当注意，在使用二级基准盘之前，应当用清洗盘清洗驱动器磁头，并且用一张好的软磁盘插入后观察介质表面有无圆形划痕，确证驱动器磁头不划盘之后方可插入 PTB 基准盘．

(9) 将测试的 RF, 1F TAA, 2F TAA, RES 和 OVR 与 PTB 基准母盘之比值打印成标签贴在软磁盘外套上．对于制作 3.5 in 软磁盘的三级基准盘来说，还应将峰值位移（Peak Shift）相对值标出；

(10) 利用此三级基准盘校对一次驱动器，观察测试软磁盘的结果与用二级 PTB 基准盘有无大的偏差．若可则可以使用；否则检查上述测试有无差错．

5. 峰值位移和窗口偏离的测试

我们在前一章里，已经描述了峰值位移发生的原因．参见图 8.1，当读出信号的脉冲波形较宽时，则在记录频率足够大的情况下，由于相邻脉冲的重叠，不仅输出信号的强度减弱，而且最高峰的位置也发生了移动，这种峰值位置的变化称为峰值位移（简写 PS）．

表 9.4 记录频率和信号脉冲周期的关系

记录频率 (kHz)	周期 (μs)	
	11 数对	01 数对
62.5	4	8
125	2	4
250	1	2
500	0.5	1

表 9.5 1MB 3.5 in 软磁盘峰值位移

```
DRIVE 6 SONS2W-3-1MB 05-AUG-90 00:00:00    MEDIA ID: 10001
PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN 250KHz  TRANSFER RATE
TRACK # 79              WRITE CURRENT -HD0:5.4  HD1:5 MA PK
NSEC/BIT       TOTAL PAIRS HISTOGRAM PLOT  -  HEAD  0
-------------------------------------------------------------
40                  90                  **
50                  413                 ****
60                  916                 ******
70                  1080                *******
80                  476                 ****
90                  229                 ***
100                 792                 ******
110                 2162                **********
120                 3502                ************************
130                 3681                ************************
140                 1475                *********
150                 655                 *****
160                 72                  **

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 124 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)]   = 248 NSEC
MARGIN CODE   (ADC METHOD)    = 10

PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN  250KHz   TRANSFER RATE
TRACK # 79              WRITE CURRENT - HD0:5.4  HD1:5 MA PK
NSEC/BIT     TOTAL PAIRS HISTOGRAM PLOT - HEAD 1
-------------------------------------------------------------
30                  78                  **
40                  367                 ***
50                  682                 *****
60                  532                 ****
70                  666                 *****
80                  611                 *****
90                  1023                *******
100                 2308                **********
110                 2061                **********
120                 1269                ********
130                 1994                **********
140                 1827                **********
150                 1632                **********
160                 430                 ****
170                 57                  **

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 122 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)]   = 244 NSEC
MARGIN CODE   (ADC METHOD)    = 10
```

如果相邻峰的距离,即周期规定值为 T, 实测值为 T', 则峰值位移 PS 为公式(9.8):

表 9.6 2MB 3.5 in 软磁盘的峰值位移(3#驱动器)

```
DRIVE 3 TE35HFN-3-2HB 05-AUG-90 00:00:00   MEDIA ID: 20001
PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN 250KHz  TRANSFER RATE
TRACK # 79            WTITE CURRENT - HD0: 4 HD1: 4.1 MA PK
NSEC/BIT      TOTAL PAIRS HISTOGRAM PLOT - HEAD 0
-------------------------------------------------------------
-10                 85                    **
 0                 519                    ***
 10                1192                    *****
 20                1874                    ******
 30                1730                    ******
 40                2102                    *******
 50                3855                    ***********
 60                5618                    ****************
 70                5820                    ****************
 80                4503                    *************
 90                2486                    ********
 100               877                     ****
 110               182                     **
 120               84                      **
 130               50                      **
 140               25                      **
 150               22                      **
 160               23                      **

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 68 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)]   = 136 NSEC
MARGIN CODE   (ADC METHOD)    = 10

PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN  250KHz  TRANSFER RATE
TRACK # 79             WRITE CURRENT - HD0:4 HD1: 4.1 MA PK
NSEC/BIT      TOTAL PAIRS   HISTOGRAM PLOT - HEAD 1
-------------------------------------------------------------
-20                 27                    **
-10                 164                   **
 0                  579                   ***
 10                 904                   ****
 20                 1178                  *****
 30                 1226                  *****
 40                 1375                  *****
 50                 1875                  ******
 60                 3435                  **********
 70                 3228                  **********
 80                 4667                  ***************
 90                 4143                  ************
 100                3283                  **********
 110                2831                  *********
 120                1201                  *****
 130                650                   ***
 140                222                   **
 150                42                    **
 160                34                    **

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 85 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)]   = 170 NSEC
MARGIN CODE   (ADC METHOD)    = 10
```

表 9.7(a) 2MB 3.5 in 软磁盘的峰值位移(8#驱动器，0 面)

DRIVE 8 SONY-73W-2MB 05-AUG-90 00:00:00 MEDIA ID:20001
PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN 250KHz TRANSFER RATE
TRACK # 79 WRITE CURRENT - HD0:3.3 HD1:3.6 MA PK

NSEC/BIT	TOTAL PAIRS	HISTOGRAM PLOT - HEAD 0
60	23	**
70	72	**
80	254	**
90	514	***
100	907	****
110	1140	****
120	1116	****
130	968	****
140	630	***
150	603	***
160	547	***
170	1480	*****
180	2206	*******
190	3469	**********
200	3715	***********
210	4149	************
220	3209	**********
230	2336	********
240	1677	******
250	1286	*****
260	493	***
270	173	**
280	115	**

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 207 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)] = 414 NSEC
MARGIN CODE (ADC METHOD) = 6

$$PS = \frac{T' - T}{2} \tag{9.8}$$

在实际测量峰值位移时，所写入的信号不是全“1”，也不是全“0”信号，而是称之为 B6DB$_{16}$MFM 的花码，1011011011…．之所以采用这样一种编码，是使记录密度高的 11 信号脉冲旁边有记录密度低的 0 信号，以便给出一定空间使 11 信号脉冲波形外移。

记录频率(即记录密度)不同时，相邻脉冲的时间间隔不同，而在实际信息记录时可以允许的峰值位移值不同．显然，记录频率越高，则脉冲信号的周期越小，而可允许的峰值位移越小。在表 9.4 中给出了记录频率与周期的关系。

表 9.7(b) 2MB 3.5 in 软磁盘的峰值位移(8#驱动器 1 面)

PEAK SHIFT HISTOGRAM - B6DB PATTERN 250KHz TRANSFER RATE
TRACK # 79 WRITE CURRENT - HD0:3.3 HD1:3.6 MA PK

NSEC/BIT	TOTAL PAIRS	HIATOGRAM PLOT - HEAD 1
50	41	**
60	74	**
70	208	**
80	401	***
90	624	***
100	854	****
110	873	****
120	914	****
130	347	****
140	618	***
150	716	***
160	727	***
170	1338	*****
180	2050	*******
190	2609	********
200	2680	********
210	3194	******** **
220	2503	********
230	3033	*********
240	2080	*******
250	1715	******
260	1289	*****
270	824	****
280	479	***
290	248	**
300	119	**
310	57	**

AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)/2] = 217 NSEC/BIT
AVERAGE PEAK SHIFT [(T'-T)] = 434 NSEC
MARGIN CODE (ADC METHOD) = 6

由于最内磁道的记录密度最高,所产生的峰值位移越严重,因此通常测量 3.5in 的峰值位移是在 79 磁道进行.

在表 9.5 和表 9.6 中分别给出了 1MB 和 2 MB 3.5 in 软磁盘的测试结果的实例.

从表 9.5 和表 9.6 可以看出, 2 MB 3.5 in 软磁盘的峰值位移低于 1MB 3.5 in 软磁盘的峰值位移.这是由于 2 MB 软磁盘的介质采用矫顽力较高的记录介质(H_c = 730 Oe, 而 1MB 软磁盘采用 650 Oe 的介质),此外 2MB 软磁盘磁层比 1MB 的薄,二者分别为 1μm 和 2μm, 因此输出信号脉冲的分辨率是不同的.2MB

表 9.8(a) 20001# 2MB 3.5in 软盘在 8#驱动器测试结果

```
05-AUG-90      00:00:00     PRODUCTION TEST
SONY-73W-2MB   DRIVE #8     MEDIA ID #20001      DATA FILE: NONE
IW = 3.3 , 3.6 MA PK        2F FREQ = 250KHz     MOD FILTER: 200 Hz
HEAD TRACK TAA (MV PK-PK) RESOL    OVR          MODULATION (%)
 NO.  NO.   1F      2F      (%)     (dB)    POSITIVE   NEGATIVE
-------------------------------------------------------------------
            ACTUAL VALUES                          ACTUAL    VALUES
0    0    2.87    2.57    89.7    -39.4     8.4        17.2
0   79    2.16    1.36    63.0               3.3         2.5
1    0    2.29    2.00    87.4    -38.2     4.6         3.6
1   79    1.59    0.98    61.9               3.7         4.4
FIXED THRESHOLD TEST   DO = 70%  DI = 10%    1 RETRIES PER ERROR
   MISSING BIT (DROP OUT)                  EXTRA BIT (DROP IN)
HEAD  TRACK  DO (%)  DEGREES          HEAD TRACK DI (%) DEGREES
-------------------------------------------------------------------
0       0    57.5     220.5
0       1    70.0     222.3
MEDIA ID #20001 FAILED G. YEAN CERTIFICATION
```

表 9.8(b) 20001# 2MB 3.5in 软盘在 3#驱动器测试结果

```
05-AUG-90      00:00:00     PRODUCTION TEST
TE35HFN-3-2MB DRIVE #3      MEDIA ID #20001      DATA FILE: NONE
IW = 4 , 4.1 MA PK          2F FREQ = 250KHz     MOD FILTER: 200 Hz
HEAD TRACK TAA (MV PK-PK) RESOL    OVR          MODULATION (%)
 NO.  NO.   1F      2F      (%)     (dB)    POSITIVE   NEGATIVE
-------------------------------------------------------------------
            ACTUAL VALUES                          ACTUAL    VALUES
0    0    3.06    3.02    98.7    -32.9     2.0         3.3
0   79    1.97    1.64    83.3               3.3         3.2
1    0    2.74    2.73    99.6    -33.5     2.6         2.0
1   79    1.75    1.36    77.7               2.4         2.0
FIXED THRESHOLD TEST   DO = 70 %  DI = 10 %    1 RETRIES PER ERROR
MEDIA ID #20001 PASSED.G. YEAN CERTIFICATION
```

软磁盘比 1MB 软磁盘的分辨率高，所以脉冲重叠较少，因而峰值位移也较小。

利用峰值位移不仅可以比较介质性能的优劣，而且可以评价驱动器磁头的特性。大家知道，驱动器磁头随着使用时间的加长、磨损得越来越严重，因而分辨率下降、峰值位移增大。在表 9.7 中给出了表 9.6 测试用的 2MB 3.5 in 软磁盘在 8# 驱动器上 (SONY-73W-2MB) 测试的结果。这台驱动器由于长期使用而磁头磨损较严重，峰值位移在 0 面和 1 面磁头分别为 207 ns/bit

和 217 ns/bit；而表 9.6 是在 3# 驱动器 (TE 35HFN-3-2MB) 测试的，同一片盘的峰值位移在 0 面和 1 面分别为 68 ns/bit 和 85ns/bit.

从表 9.8 可以看出，该盘在 8# 驱动器 79 磁道的分辨率比 3# 驱动器 79 磁道的分辨率要低得多.

在这里会产生这样一个问题：既然峰值位移总是存在的，那么大到什么限度才是不允许的呢？一般情况下软磁盘的峰值位移是多么大？在回答这一问题之前，我们首先要知道峰值位移给磁记录介质在计算机上应用时带来的影响.

像软磁盘或计算机磁带这种磁记录介质在计算机上记录信息时，信号发生器发出的信号频率是十分准确的，亦即其发出信号的时间周期是很准确的，而读出的脉冲峰值若出现超前或滞后时，就

表 9.9 20001# 2MB 3.5 in 软盘在 3#驱动器的漏码、冒码和窗口偏离分析

05-AUG-90 00:00:00 ANALOG AND DIGITAL ERRORS
TE35HFN-3-2MB DRIVE #3 MEDIA ID # 1 HEAD # 0
IW = 4 MA PK TEST VALID: 0 - 359 DEGREES FROM INDEX
DEFAULT THRESHOLDS: DO-100% DI-0% PE-0% 2F = 250KHz

MISSING BIT (DROP OUT)			EXTRA BIT (DROP IN)			PHASE ERROR		
TRACK NO.	DO %	LOCATION DEG	TRACK NO.	DI %	LOCATION DEG	TRACK NO.	WINDOW %	LOCATION DEG
0	87.5	5.9 - 5.9	0	7.5	52.7	0	4.0	4.6
4	87.5	27.1 - 27.1	4	7.5	2.3	4	4.0	1.8
8	87.5	19.4 - 19.4	8	7.5	5.4	8	4.0	2.2
12	87.5	25.5 - 25.5	12	7.5	5.2	12	8.0	2.1
16	87.5	9.4 - 9.4	16	7.5	12.9	16	8.0	1.7
20	87.5	50.4 - 50.4	20	7.5	0.6	20	8.0	4.1
24	87.5	55.9 - 55.9	24	7.5	1.0	24	8.0	1.4
28	87.5	8.2 - 8.2	28	10.0	35.2	28	12.0	345.4
32	87.5	11.8 - 11.8	32	10.0	210.6	32	8.0	1.4
36	85.0	269.1 - 269.1	36	10.0	194.0	36	12.0	13.8
40	85.0	277.2 - 277.2	40	10.0	33.1	40	12.0	5.1
44	87.5	31.6 - 31.6	44	10.0	55.4	44	4.0	4.3
48	85.0	9.2 - 9.2	48	10.0	58.0	48	8.0	63.8
52	85.0	52.2 - 52.2	52	10.0	4.0	52	8.0	1.9
56	87.5	30.8 - 30.8	56	10.0	9.4	56	8.0	3.5
60	87.5	2.9 - 2.9	60	10.0	2.1	60	8.0	4.4
64	82.5	69.4 - 69.5	64	10.0	6.1	64	12.0	5.1
68	85.0	29.8 - 29.9	68	12.5	228.9	68	12.0	3.4
72	85.0	76.7 - 76.7	72	12.5	73.0	72	16.0	6.3
76	85.0	292.3 - 292.3	76	12.5	66.2	76	16.0	16.5

发生了读出脉冲位置与原来输出信号位置的时间差，这一差值和数据位间隔之比称为相偏差（Phase Error）或窗口偏离，可用百分数来表示。

在 ML-2000 的第 15 个功能中，在测定每一磁道漏码门坎、漏码位置、冒码门坎、冒码位置的同时，也测试每一磁道的最大窗口偏离。由于第 15 功能测试很费时间，可以隔磁道测试。在表 9.9 中给出了 20001# 2MB 3.5 in 软盘在 3#驱动器上测试的结果。从表中可以看出，当从最外磁道（00 磁道）向内磁道过渡时，随着磁道半径的减小，记录密度加大，脉冲拥挤现象变得越严重，峰值位移加大，因而窗口偏离也越大，在 76 磁道窗口偏离为 16%。

前面曾提到，驱动器磁头磨损会使峰值位移变大。8# 驱动器由于磁头磨损所以峰值位移比 3# 驱动器的峰值位移大得多，几

表 9.10　20001# 2MB 3.5 in 软盘在 8# 驱动器的漏码、冒码和窗口偏离分析

05-AUG-90　　00:00:00　　ANALOG AND DIGITAL ERRORS
SONY-73W-2MB　DRIVE # 8　　MEDIA ID # 20001　　HEAD # 0
IW = 3.3 MA PK　　TEST VALID: 0 - 359 DEGREES FROM INDEX
DEFAULT THRESHOLDS: DO-100 %　DI-0 %　PE-0 %　　2F = 250KHz

MISSING BIT (DROP OUT)			EXTRA BIT (DROP IN)			PHASE ERROR		
TRACK NO.	DO %	LOCATION DEG	TRACK NO.	DI %	LOCATION DEG	TRACK NO.	WINDOW %	LOCATION DEG
0	82.5	65.9 - 65.9	0	5.0	44.4	0	20.0	2.7
4	82.5	68.0 - 68.0	4	5.0	1.4	4	20.0	5.3
8	82.5	156.2 - 156.2	8	5.0	4.1	8	24.0	65.4
12	82.5	65.8 - 65.8	12	5.0	21.7	12	24.0	85.0
16	77.5	150.3 - 150.3	16	5.0	1.6	16	28.0	181.5
20	82.5	66.7 - 66.7	20	5.0	1.9	20	28.0	260.5
24	80.0	67.2 - 67.3	24	5.0	5.2	24	28.0	66.5
28	85.0	66.4 - 68.7	28	5.0	0.7	28	28.0	3.6
32	82.5	67.1 - 67.1	32	7.5	107.0	32	32.0	23.8
36	85.0	67.0 - 67.0	36	7.5	47.7	36	36.0	246.6
40	85.0	69.8 - 70.3	40	7.5	21.7	40	40.0	274.7
44	85.0	69.4 - 69.4	44	7.5	222.5	44	32.0	273.5
48	85.0	70.8 - 71.3	48	7.5	22.2	48	26.0	11.0
52	85.0	251.3 - 251.4	52	7.5	5.0	52	32.0	92.4
56	85.0	70.6 - 70.6	56	10.0	34.8	56	36.0	104.9
60	87.5	9.3 - 9.3	60	7.5	0.7	60	36.0	10.8
64	82.5	69.8 - 69.9	64	7.5	7.7	64	44.0	93.1
68	87.5	35.8 - 35.8	68	10.0	266.5	68	44.0	24.6
72	85.0	74.1 - 74.1	72	10.0	198.6	72	52.0	12.1
76	85.0	36.9 - 36.9	76	7.5	2.2	76	56.0	58.0

乎相当于后者的三倍(见表 9.6 和表 9.7)，因而前者窗口偏离也应当相当于后者的三倍. 我们在表 9.10 中给出了 20001#2 MB 3.5 in 软盘在8#驱动器上测试的结果.从表中可以看出：在 76 磁道窗口偏离达 56%，这一数值相当于在 3# 驱动器测试值 16% 的三倍略强.这充分说明了：窗口偏离是峰值位移的直接结果. 换言之，我们可以通过峰值位移来考察介质和磁头的性能，也可以通过窗口偏离来考察介质和磁头的性能，所不同的是，峰值位移是从磁记录的角度、而窗口偏离是从计算机的角度来考虑问题的.

不难想象，如果窗口偏离超过 50% 时，脉冲峰尖将越过了本身位单元窗口而进入了相邻位单元的窗口，从而产生读出错误.这样，窗口偏离之最大允许值为 50%，那么由此可以倒推出峰值位移的可以允许的数值，而前面提出的问题就有了答案. 在表 9.11 中给出了当前水平下的平均峰值位移和根据脉冲周期推算的不许超过的最大峰值位移.

表 9.11 各种软磁盘和驱动器的峰值位移

驱动器类型 (in)	2F 频率 (kHz)	周期 (μs)	平均 PS (ns/bit)	最大 PS (ns/bit)
5.25	125	4	250	500
3.5 (1/2MB)	250	2	125	250
3.5 (4MB)	500	1	62.5	125
—	1MHz	0.5	31.5	62.5

从以上的讨论中可以看出：分辨率、峰值位移和窗口偏离是紧密相关的电学参数，是从不同的角度来考察软磁盘介质和驱动器磁头的特性的. 软磁盘的制造厂家，由于经常使用驱动器，磁头不断磨损，所以负责质量检测的工程师，不仅要会利用软磁盘分析仪测试软磁盘片的特性，也要掌握利用软磁盘分析仪考察磁头特性的方法；不但要会利用饱和电流曲线来考察磁头，也会根据分辨率、峰值位移以及窗口偏离等参数来判断磁头的工作状态.

一般说来，测试分辨率是最简单的，因而在软磁盘的国际标准中只测试分辨率就够了，当内磁道分辨率低于基准母盘分辨率的80%时，就视为不合格．这是有道理的，从上面的讨论我们可以想到，当分辨率更低时，峰值位移会加大，窗口偏离会达50%左右，从而造成错误．对于磁头而言，分辨率的实测值低于60% 时应当更换新磁头．

6. 在线工程测试 (Online Engineering Test)

在 ML-2000 的第一测试功能中可以按照软磁盘的 ISO 标准测试最外和最内磁道的电学参数，但不能测试其它磁道的电学参数．此外，在前面讨论的有关磁头性能的测试中，我们只能测试 ML-2000 分析仪上安装的驱动器的特性，但不能测试其它驱动器的特性．这两个问题于在线工程测试这一测试功能中可以得到解决．

在线工程测试有如下功能：

(1) 在任意磁道上写入信号，然后测出该磁道的输出信号平均幅度 TAA，并给出正、负 MOD，ANSI MOD 以及 ECMA MOD；

(2) 抹掉任意磁道的信号，之后用只读信号幅度功能 (Read Only Amplitude Test) 测试抹后的残余信号强度；

只读试验是一个很有用的功能，利用这个功能可以检查一个软磁盘是否写入了信号，写入信号的强度和调制的大小，以及退磁装置的退磁效果等等．下面还将讨论如何利用这一功能检查安装在其它测试仪上的驱动器的性能．

(3) 测试任意磁道写入信号中最低信号幅度相当于 TAA 的百分数；

(4) 测试任意磁道的漏码和冒码电平，发生漏码和冒码的位置(角度)，测试的漏码和冒码个数可以任意设定．这样，我们可以对整个软磁盘的任何磁道的性质进行更深入的分析．在表 9.12 中给出了一个实例表明对一片 2MB 3.5 in 软磁盘 00 磁道测试的结

表 9.12 2MB 3.5 in 软磁盘 00 磁道测试

磁道号	DO%	漏码位置（角度）	DI%	冒码位置（角度）
00	87.5	9.2	7.5	16
		77.4		23.9
		127.1—127.3		97.1
		129.4		178
		131.0		247

果，设定测试 5 个漏码 5 个冒码.

下面我们介绍，如何利用在线工程测试中的只读功能来考察安装在其它测试仪上的驱动器工作是否正常.

(1) 用一片软磁盘在被考察的测试仪驱动器上写入信号;

(2) 将写入信号的软磁盘插入 ML-2000 分析仪的同样规格(尺寸、容量)的驱动器中，在加写保护的状态下在某磁道上进行只读测试，并测定 TAA，+MOD，−MOD;

(3) 去掉写保护，在同一磁道上写入信号并测定 TAA，+MOD 和−MOD.

由于 ML-2000 分析仪上的驱动器是用 PTB 基准软磁盘校准过的，测试记录电流值选择是正确的，所以测试的电参数正确地反映了被测试软磁盘的被测磁道的性能. 如果被考察的驱动器磁头未磨损，而且测试记录电流选择得当，则前述两个测试结果基本相符合;若被考察驱动器磁头磨损严重，或测试记录电流偏低，则在只读测试得到的 TAA 会偏低，而+MOD 和−MOD 偏高，因而需要调整写电流或更换磁头. 这一功能简单易行，是检查驱动器磁头工作状态的简便有效的方法.

7. 错误特性曲线 (Error Characterization Curve)

在线工程测试虽然可以测定每条磁道漏码电平，但是一个一个磁道地去测试，工作量大，时间耗费甚多，只测几个磁道又得不出整体概念. ML-2000 的第 8 项功能——错误特性曲线——则是从整体上来显示一片盘片的所有磁道的漏码和冒码的水平，

把漏码和冒码的总个数给出来，并以统计曲线的形式显示在 CRT 上或打印出来。

在图 9.4 中给出了一片双面倍密度 5.25 in 软磁盘 0 面的错误特性曲线.图的纵坐标表示 TAA 的百分数，横坐标表示发生错误的多少. 注意 TAA 百分数低的部分，即在 5—20％部分，如果有星号，则表示存在有冒码；而 TAA 百分数高的部分有星号，则表示有漏码. 星号越多则表示漏码和冒码越多. 横坐标下面注明了各种 TAA 百分数的错误个数.

从图 9.4 可以一目了然地看出，这片软磁盘没有冒码，而只在 TAA 为 90—100％ 处发生漏码，说明这片软盘的质量是相当好

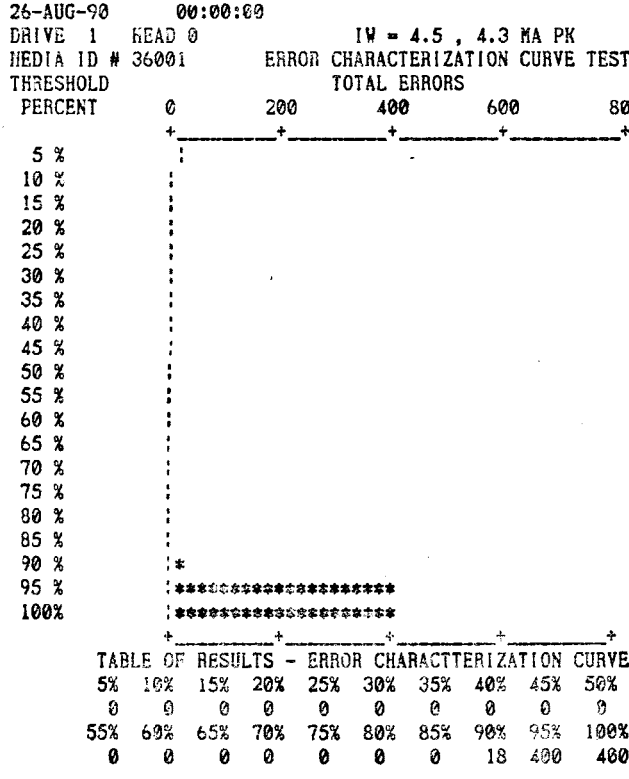


图 9.4 双面倍密度软磁盘 0 面的错误特性曲线

的．图 9.4 是在 1# 驱动器，即双面倍密度 5.25 in 驱动器上测试的．

如果把同一片双面倍密度软磁盘放在 2#驱动器，即格式化容量为 1.2MB 的高密度驱动器上测定错误特性曲线，则得出如图 9.5 所示的结果．比较图 9.4 和 9.5 可以看出，后者是完全不同的一种景象：在 TAA 为 5—20％处出现大量错误，这是冒码引起的；而在 TAA 为 65—100％处也出现大量错误，这是漏码引起的；只有当 TAA 为 25—60％时没有错误．

这一组试验表明：双面倍密度 5.25 in 软磁盘，不论其质量多好，由于矫顽力低、磁层较厚，把它用于高密度驱动器上当作

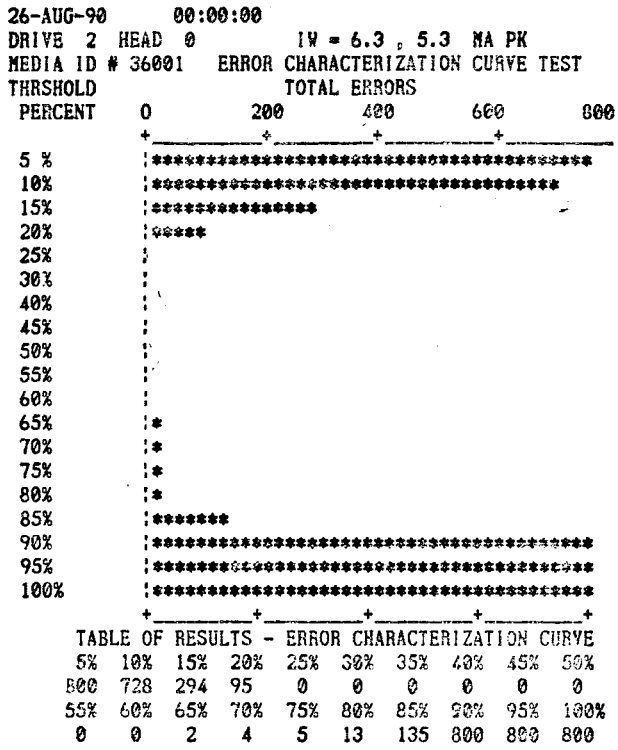


图 9.5 倍密度 5.25in 软磁盘在高密度驱动器上的错误特性曲线

1.2 MB 软磁盘使用，会有较多的冒码和漏码，即使勉强可用也是处于可用与不可用的边缘。

为了验证错误特性曲线的正确性，我们对同一软磁盘进行了漏码、冒码和窗口偏离分析。表 9.13(a) 和表 9.13(b) 分别是在 1#和 2# 驱动器上测试的结果。限于篇幅，我们只援引了部分磁道的测试结果。从表 9.13(a) 可以看出，当在 1#驱动器上测试时，DO%达 93—94%，没有冒码，窗口偏差最大为 24%。表 9.13(b) 表明，当在 2# 驱动器测试时，DO% 为 77.5—90%，冒码很多，DI% 达 22.5%，窗口偏差达 108%。这一结果佐证了错误特性曲线的正确性。

倍密度 5.25 in 软盘在 1.2 MB 驱动器上使用，之所以发生许多错误，是由于低的矫顽力和厚的磁层使得2 F TAA 偏低、分辨率也过低。这种情况在内磁道更为严重。在表 9.14(a) (b) 中

表 9.13(a) 双面倍密度 5.25 in 软磁盘的漏码、冒码和窗口偏离分析

```
26-AUG-90      00:00:00      ANALOG AND DIGITAL ERRORS
TE55B          DRIVE # 1     MEDIA ID # 36001          HEAD # 0
IW = 4.5 MA PK               MEDIA ID : 0 - 359 DEGREES FROM INDEX
DEFAULT THRESHOLDS: DO-100%   DI-0 %   PE-0 %          2F = 125KHz
MISSING BIT (DROP OUT)      EXTRA BIT (DROP IN)      PHASE ERROR
TRACK  DO  LOCATION          TRACK  DI LOCATION TRACK WINDOW LOCATION
 NO.   %   DEG                NO.   %   DEG     NO.    %    DEG
-------------------------------------------------------------------
 20  93.0   63.7 -  63.8                          20   20.0  256.9
 21  93.0   30.3 -  30.3                          21   16.0    2.7
 22  94.0  200.4 - 200.6                          22   12.0    2.7
 23  93.0  343.7 - 343.7                          23   16.0  270.6
 24  94.0  196.0 - 196.2                          24   16.0  248.4
 25  94.0   11.0 -  11.0                          25   16.0  244.2
 26  92.0  125.0 - 125.0                          26   16.0   16.1
 27  94.0   51.1 -  51.2                          27   16.0    3.0
 28  94.0  332.1 - 332.1                          28   16.0    2.8
 29  94.0   26.4 -  26.4                          29   16.0    3.1
 30  94.0  184.7 - 184.7                          30   20.0  256.9
 31  95.0    0.5 -   0.5                          31   20.0  238.2
 32  94.0  353.2 - 353.2                          32   20.0  244.3
 33  94.0   17.9 -  17.9                          33   20.0    2.9
 34  94.0   18.0 -  18.3                          34   20.0    3.0
 35  94.0    0.7 -   0.7                          35   24.0  254.6
 36  94.0    0.8 -   0.8                          36   20.0    2.7
 37  94.0   61.3 -  61.4                          37   24.0   19.6
 38  94.0  350.4 - 350.5                          38   24.0    8.2
 39  94.0  347.7 - 347.7                          39   24.0    2.9
-------------------------------------------------------------------
```

表 9.13(b)　倍密度 5.25 in 软磁盘在高密度驱动器上分析结果

```
26-AUG-90      00:00:00      ANALOG AND DIGITAL ERRORS
TE55GF         DRIVE # 2     MEDIA ID # 36001          HEAD # 0
  = 6.3 MA PK                TEST VALID: 0 - 359 DEGREES FROM INDEX
DEFAULT THRESHOLDS: DO-100 %   DI-0 %   PE-0 %          2F = 250KHz
MISSING BIT (DROP OUT)        EXTRA BIT (DROP IN)      PHASE ERROR
TRACK  DO  LOCATION           TRACK  DT LOCATION TRACK WINDOW LOCATION
NO.    %   DEG                NO.    %   DEG     NO.    %      DEG
-------------------------------------------------------------------------
60    87.5   50.3 - 50.3       60   17.5  292.1    60   68.0    293.0
61    90.0   33.5 - 33.5       61   17.5  142.7    61   64.0    272.6
62    82.5  128.7 - 128.7      62   17.5   16.8    62   64.0    271.3
63    87.5   48.8 - 48.8       63   15.0   92.5    63   64.0      9.9
64    90.0   10.3 - 10.3       64   15.0    1.4    64   68.0      0.1
65    90.0    1.1 - 1.1        65   17.5  106.9    65   68.0    278.8
66    87.5  256.5 - 256.5      66   17.5    1.5    66   68.0     65.0
67    90.0   15.4 - 15.4       67   20.0  157.4    67   68.0    123.2
68    90.0   18.3 - 18.3       68   20.0  172.1    68   76.0    272.5
69    87.5   18.5 - 18.5       69   20.0  344.0    69  100.0      1.6
70    87.5  127.2 - 127.2      70   20.0  282.0    70   72.0    241.8
71    90.0   15.7 - 15.7       71   20.0  307.5    71   76.0      1.6
72    90.0   82.2 - 82.2       72   20.0   16.3    72   76.0    276.6
73    77.5  138.6 - 138.6      73   22.5  345.5    73   76.0    335.9
74    90.0   10.8 - 10.8       74   22.5  193.0    74   72.0      4.4
75    87.5  135.4 - 135.4      75   20.0  105.3    75   80.0    275.6
76    87.5   56.9 - 56.9       76   22.5  279.6    76   76.0    187.7
77    90.0   47.1 - 47.1       77   22.5   25.5    77   76.0    251.1
78    87.5  261.1 - 261.1      78   22.5  117.9    78  100.0      1.6
79    87.5  266.9 - 266.9      79   22.5  261.1    79  108.0      1.7
-------------------------------------------------------------------------
```

给出了上述软盘在不同驱动器上测试电参数之比较.

在图 9.6 给出了 10001#1MB 3.5 in 软盘的错误特性曲线,从图中可以看出,该盘有 DI%为 5% 的冒码, 而漏码门坎 DO%可以超过 80%. 所以是一片质量较好的软磁盘. 但是, 若把这片盘

表 9.14(a)　倍密度 5.25 in 软磁盘在倍密度驱动器上测试结果

```
26-AUG-90      00:00:00      PRODUCTION TEST
TE55B          DRIVE # 1     MEDIA ID #36001          DATA FILE: NONE
IW = 4.5 , 4.3 MA PK         2F FREQ = 125 KHz        MOD FILTER: 200 Hz
HEAD TRACK TAA (PERCENT)     RESOL    OVR             MODULATION (%)
 NO.  NO.   1F      2F       (%)      (%)      POSITIVE    NEGATIVE
-------------------------------------------------------------------------
           VALUES COMPARED TO REFERENCE          ACTUAL      VALUES
 0     0   94.40   106.10   103.4    70.1        5.5          3.2
 0    39  102.40   122.90   111.6                3.4          2.3
 1     0   94.20   107.70   101.7    60.6        5.7          4.8
 1    39  104.30   107.10   107.9                3.0          1.9
FIXED THRESHOLD TEST      DO = 70 %, DI = 10 %    1 RETRIES PER ERROR
MEDIA ID #36001 PASSED G. YEAN CERTIFICATION
```

表 9.14(b) 倍密度 5.25 in 软磁盘在高密度驱动器上测试结果

```
26-AUG-90      00:00:00       PRODUCTION TEST
TE55GF         DRIVE # 2      MEDIA ID #36001          DATA FILE: NONE
IW = 6.3 , 5.3 MA PK          2F FREQ = 250 KHz        MOD FILTER: 200 Hz
HEAD TRACK TAA (PERCENT)      RESOL    OVR             MODULATION (%)
NO.   NO.   1F      2F        (%)                   POSITIVE    NEGATIVE
-------------------------------------------------------------------------
            VALUES COMPARED TO REFERENCE                ACTUAL      VALUES
 0     0    96.30   72.20     77.0     49.4             3.7         2.6
 0     79   82.40   48.60     54.0                      3.8         2.9
 1     0    89.30   67.70     81.3     43.7             4.7         4.2
 1     79   78.70   45.40     53.9                      5.1         1.0
FIXED THRESHOLD TEST      DO = 70 % DI = 10 %      1  RETRIES PER ERROR
   MISSING BIT (DROP OUT)                          EXTRA BIT (DROP IN)
HEAD  TRACK  DO (%)  DEGREEES                 HEAD  TRACK  DI (%)  DEGREEES
-------------------------------------------------------------------------
```

```
26-AUG-90      00:00:00
DRIVE 6   HEAD 0              IW =  5.4 , 5  MA PK
MEDIA ID # 10001      ERROR CHARACTERIZATION CURVE TEST
THRESHOLD                     TOTAL ERRORS
 PERCENT        0         200         400         600         800
                +----------+----------+----------+----------+
 5  %           |********
 10 %           |
 15 %           |
 20 %           |
 25 %           |
 30 %           |
 40 %           |
 45 %           |
 55 %           |
 65 %           |
 70 %           |
 75 %           |
 80 %           |
 85 %           |*********
 90 %           |**********************************************
 95 %           |**********************************************
 100%           |**********************************************
                +----------+----------+----------+----------+

      TABLE OF RESULTS - ERROR CHARACTERIZATION CURVE
        5%   10%   15%   20%   30%   35%   40%   45%   50%
      151    0     0     0     0     0     0     0     0
       55%   60%   65%   70%   75%   80%   90%   95%   100%
        0     0     0     0     0     0   162   800   800
```

图 9.6 1MB 3.5 in 软磁盘的错误特性曲线

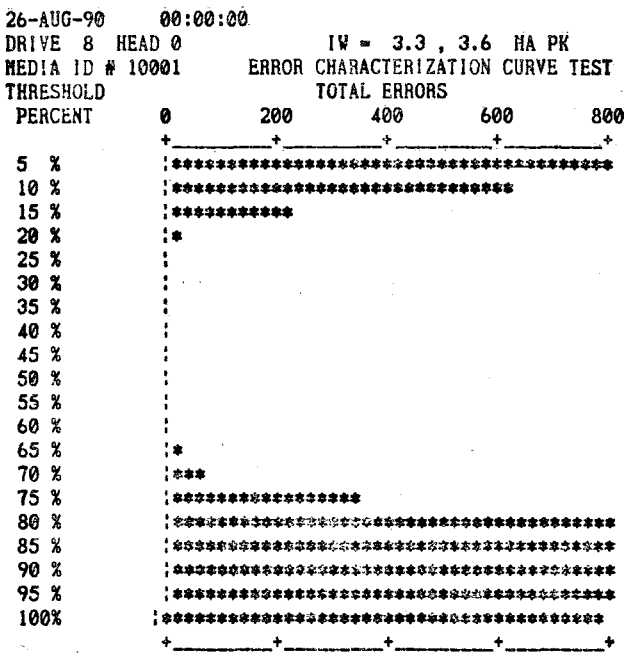


TABLE OF RESULTS - ERROR CHARACTERIZATION CURVE

5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
800	605	209	8	0	0	0	0	0	0
55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
0	0	4	57	330	797	800	800	800	800

图 9.7 1MB 软磁盘在 2MB 驱动器上的错误特性曲线

放到 2MB 的驱动器上测试，就出现了许多漏码和冒码.这是因为 1MB 软磁盘介质矫顽力较低，磁层较厚，因而分辨率低，不能满足 2MB 软磁盘的要求(图 9.7).这一情况和前面分析 5.25 in 软磁盘在不同驱动器上的表现是一样的. 上述实验可以清楚地说明：提高介质的矫顽力和减薄磁层才能满足高记录密度的要求.

8. 抛光试验 (Burnish Test)

抛光试验是 ML-2000 分析仪的重要功能之一，在考察抛光机抛光盘片的效果上很有用处，有关抛光试验这一功能的应用，

我们在前面第六章第五节中已作过介绍。

在这里我们讨论一下抛光试验这一功能和 ML-2000 其它测试功能之间的关系。为了说明抛光试验和其它功能的关系，图 9.8 给出了 36001#双面倍密度 5.25in 软磁盘从 20 磁道至 39 磁道的抛光试验结果。

```
27-AUG-90      00:00:00
DRIVE  1       HEAD 0          IW = 4.5 . 4.3  MA PK
MEDIA ID #36001                    *****  BURNISH PLOT *****
TRACK  2F TAA     D.O          HEAD              PLOT OF LOW AMPLITUDE
NO.      (mV)     % TAA         NO.                   VS TRACK NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
20       6.20       93       ( 0 )----------------------------------------*
21       6.12       94       ( 0 )----------------------------------------*
22       6.00       93       ( 0 )----------------------------------------*
23       5.98       93       ( 0 )----------------------------------------*
24       5.82       95       ( 0 )----------------------------------------*
25       5.80       93       ( 0 )----------------------------------------*
26       5.70       92       ( 0 )----------------------------------------*
27       5.65       91       ( 0 )----------------------------------------*
28       5.53       94       ( 0 )----------------------------------------*
29       5.43       92       ( 0 )----------------------------------------*
30       5.43       90       ( 0 )----------------------------------------*
31       5.23       91       ( 0 )----------------------------------------*
32       5.17       94       ( 0 )----------------------------------------*
33       5.07       93       ( 0 )----------------------------------------*
34       4.97       93       ( 0 )----------------------------------------*
35       4.90       89       ( 0 )----------------------------------------*
36       4.82       92       ( 0 )----------------------------------------*
37       4.70       92       ( 0 )----------------------------------------*
38       4.57       93       ( 0 )----------------------------------------*
39       4.47       94       ( 0 )----------------------------------------*
-------------------------------------------------------------------------

                    BURNISHING STATISTICS
MEDIA ID #36001              HEAD = 0      IW = 4.5 MA PK
NO. OF SAMPLES  -  0          10          20          30          40
                  +-----------+-----------+-----------+-----------+
          89 %    |*
          90 %    |*
          91 %    |**
          92 %    |****
          93 %    |*******
          94 %    |****
          95 %    |*
          100%    +-----------+-----------+-----------+-----------+

        AVERAG BURNISH    =92.6 % OF THE TAA
        TOTAL TEST POINTS =21
        TOTAL IN AVERAGE  =20 (1 TEST POINTS <70% TAA)
```

图 9.8 倍密度 5.25 in 软磁盘的抛光试验结果

每个磁道的抛光分数，实际上是该磁道的最低信号幅度与该磁道平均信号幅度 TAA 之比值，即漏码电平 DO%TAA. 但是，我们应注意到：DO% TAA 这样一个参数，在前面介绍的错误特性曲线以及漏码、冒码、窗口偏离这两个功能中我们已用到过了，比较图 9.4 和图 9.8 以及表 9.13(a) 我们会看到，36001# 软磁盘的 DO% TAA 值在以上三种功能中测试的结果是一致的. 只不过是把 DO% TAA 的参数以不同的含义和形式表现而已.此外，在线工程测试功能中，也可以测定每一磁道的最低信号幅度与 TAA 之比，实际上也是测定 DO% TAA.

我们这样来分析 ML-2000 的功能，可以看出 DO% TAA 这一参数是一个十分重要的参数，有着多种的含义和应用，同时可以看出各种功能并不是完全独立、互不相关的，而是有着紧密的联系.

也要指出，虽然抛光试验和错误特性曲线都是以 DO% TAA 作为基础，但毕竟抛光试验这一功能可以很直观、很形象地描述抛光的效果，比用其它功能来考察抛光效果更方便.

良好的抛光工艺会使介质的表面平滑、均匀，从而使一个磁道的各个部位之输出信号都接近于一致. 理想的情况下，若一个磁道上的所有输出信号强度都相等，则整个磁道所有信号强度之平均值 TAA 和每个信号的强度相当，这时，不会出现最低信号幅度，因而 DO% TAA 应为 100. 但是，这样的理想情况我们尚未见到过. 我们测试了大量的著名厂家的盘片，最佳情况下，一个磁道的 DO% TAA为 97，而整个记录面之抛光分数之平均值为 96.5分.

良好的抛光工艺会使 DO% TAA 值提高；但是，对 DO% TAA 起决定性作用的是制造软磁盘介质的前工序： 磁浆的分散工艺、涂布工艺及压光工艺. 当这些工艺是良好时，不经过抛光的盘片，即所谓 As-Coating 状态，DO% TAA 就可以达到 96 分. 相反的，如果前工序的工艺条件不佳，抛光工艺再良好，介质的质量不会有多大改善，DO% TAA 很难超过 93 分.

那么，这样说来是否抛光对于改善介质质量不起作用呢？不

Retro Workshop 果粉工作室

是如此．抛光的作用在于消除或减少凸起等缺陷，可以使得原来能引起漏码或冒码的缺陷得以消除，从而提高合格率．从抛光试验测试中可以看到，抛光前有些磁道由于介质表面不均匀，或有凸起等缺陷，使得这些磁道的 DO% TAA 值远低于 90，甚至低于 40 分（这时即出现漏码），而经抛光之后可以使各磁道的 DO% TAA 值接近于或超过 90，只有个别磁道上有严重缺陷是例外．

有时特别低的 DO% TAA 值不一定是介质的质量问题引起的，而是由于磁盘装配不当或外套质量不良造成的．在图 9.9 中我

```
27-AUG-90      00:00:00
DRIVE  1       HEAD 0          IW =4.5 ,4.3  MA PK
MEDIA ID #36002   *****   BURNISH  PLOT  *****
TRACK  2F TAA     D.O       HEAD              PLOT  OF LOW  AMPLITUDE
 NO.     (mV)    % TAA       NO.                 VS  TRACK  NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
0       7.23      10      ( 0 )----*
1       7.57      10      ( 0 )----*
2       7.56      14      ( 0 )-----*
3       7.55      37      ( 0 )----------*
4       7.72      80      ( 0 )-------------------------------*
5       7.80      91      ( 0 )-----------------------------------*
6       7.68      90      ( 0 )-----------------------------------*
7       7.80      87      ( 0 )---------------------------------*
8       7.60      92      ( 0 )-----------------------------------*
9       7.50      93      ( 0 )-----------------------------------*
10      7.48      92      ( 0 )-----------------------------------*
11      7.27      92      ( 0 )-----------------------------------*
12      7.25      94      ( 0 )-----------------------------------*
13      7.13      92      ( 0 )-----------------------------------*
14      7.03      90      ( 0 )-----------------------------------*
15      7.05      91      ( 0 )-----------------------------------*
-------------------------------------------------------------------------
                    BURNISHING STATISTICS
MEDIA ID #-36002              HEAD = 0     IW = 4.5 MA PK
NO. OF SAMPLES  -   0        10        20        30        40
                    +---------+---------+---------+---------+
          80  %     |*
          87  %     |*
          90  %     |**
          91  %     |**
          92  %     |****
          93  %     |*
          94  %     |*
          100 %     +---------+---------+---------+---------+
         AVERAGE  BURNISH    = 90.3 % OF  THE  TAA
         TOTAL TEST  POINITS = 16
         TOTAL IM AVERAGE    = 12  ( 4 TEST  POINTS  <70%  TAA)
```

图 9.9　外套弯曲的软磁盘的抛光试验结果

```
27-AUG-90       00:00:00
DRIVE  1        HEAD 0          IW = 4.5 , 4.3  MA PK
MEDIA ID  #36001                    *****  AMPLITUDE  PLOT  *****
TRACK  2F  TAA     D.O       HEAD              PLOT  OF 2F  AMPLITUDE
 NO.     (mV)      % TAA      NO.                    VS TRACK  NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
  0      8.35        91     ( 0 )----------------------------------*
  3      7.95        92     ( 0 )---------------------------------*
  6      7.68        91     ( 0 )--------------------------------*
  9      7.38        92     ( 0 )------------------------------*
 12      7.12        92     ( 0 )-----------------------------*
 15      6.87        89     ( 0 )----------------------------*
 18      6.50        87     ( 0 )--------------------------*
 21      6.32        93     ( 0 )-------------------------*
 24      5.95        92     ( 0 )----------------------*
 27      5.78        93     ( 0 )---------------------*
 30      5.47        91     ( 0 )-------------------*
 33      5.18        92     ( 0 )-----------------*
 36      4.82        84     ( 0 )---------------*
 39      4.53        93     ( 0 )---------------*
-------------------------------------------------------------------------
27-AUG-90       00:00:00
DRIVE  1        HEAD 1          IW = 4.5 , 4.3  MA PK
MEDIA ID  #36001                    *****  AMPLITUDE PLOT *****
TRACK  2F  TAA     D.O.      HEAD              PLOT OF 2F AMPLITUDE
 NO.     (mV)      % TAA      NO.                    VS TRACK NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
  0      9.10        84     ( 1 )----------------------------------#
  3      8.60        89     ( 1 )---------------------------------#
  6      8.20        90     ( 1 )-------------------------------#
  9      7.87        90     ( 1 )------------------------------#
 12      7.42        91     ( 1 )----------------------------#
 15      6.98        92     ( 1 )--------------------------#
 18      6.75        86     ( 1 )-------------------------#
 21      6.30        92     ( 1 )-----------------------#
 24      5.97        92     ( 1 )---------------------#
 27      5.62        93     ( 1 )--------------------#
 30      5.32        85     ( 1 )------------------#
 33      4.90        94     ( 1 )----------------#
 36      4.52        95     ( 1 )---------------#
 39      4.18        92     ( 1 )-------------#
-------------------------------------------------------------------------
```

图 9.10　正常的 5.25in 软盘 TAA 随磁道的变化

们给出了一个外磁道(0, 1, 2, 3 磁道) DO% TAA 值反常低的抛光实验结果. 从给出的 DO% TAA 值可以看出，最外磁道有严重的漏码. 这是由于 5.25 in 软磁盘的外套弯曲导致介质和磁头接触不良造成的.

ML-2000 的抛光试验功能，不仅可以显示或打印出如图 9.8 的图形，还可以给出各磁道的平均输出信号幅度 TAA 的图形. 正

常软磁盘的最外磁道 TAA 最大;当向内磁道过渡时，TAA 逐步下降，形成了一条直线形的信号幅度梯度图形．在图 9.10 中给出了一个正常的双面倍密度 5.25 in 软磁盘的信号幅度梯度图．

当 5.25 in 软磁盘的外套弯曲时，不仅引起外磁道的 DO% TAA 值严重下降(图 9.9)，而且使外磁道的 TAA 值下降，这时信号幅度梯度图呈现弯曲，在图 9.11 中显示了这种情况．图 9.8

```
27-AUG-90        00:00:00
DRIVE  1         HEAD 0          IW = 4.5 , 4.3  MA PK
MEDIA ID  #36002                    *****  MPLITUDE PLOT  *****
TRACK  2F  TAA      D.O.         HEAD            PLOT OF 2F  AMPLITUDE
 NO.     (mV)       % TAA         NO.                VS TRACK  NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
 0       6.83          7      ( 0 )----------------------------------*
 3       7.43         30      ( 0 )-----------------------------------*
 6       7.57         85      ( 0 )-----------------------------------*
 9       7.43         93      ( 0 )-----------------------------------*
12       7.23         92      ( 0 )----------------------------------*
15       6.95         90      ( 0 )---------------------------------*
18       6.62         86      ( 0 )-------------------------------*
21       6.38         93      ( 0 )-------------------------------*
24       6.02         93      ( 0 )-----------------------------*
27       5.80         94      ( 0 )---------------------------*
30       5.58         92      ( 0 )-------------------------*
33       5.22         91      ( 0 )-----------------------*
36       4.90         91      ( 0 )-----------------------*
39       4.57         91      ( 0 )---------------------*
-------------------------------------------------------------------------

27-AUG-90        00:00:00
DRIVE  1         HEAD 1          IW = 4.5 , 4.3  MA  PK
MEDIA ID  #36002                    *****  AMPLITUDE  PLOT  *****
TRACK  2F  TAA      D.O.         HEAD            PLOT  OF 2F  AMPLITUDE
 NO.     (mV)       % TAA         NO.                VS TRACK  NUMBER
-------------------------------------------------------------------------
 0       7.55         86      ( 1 )----------------------------------#
 3       8.20         90      ( 1 )-----------------------------------#
 6       8.37         91      ( 1 )-----------------------------------#
 9       8.00         92      ( 1 )----------------------------------#
12       7.60         91      ( 1 )---------------------------------#
15       7.18         92      ( 1 )-------------------------------#
18       6.95         89      ( 1 )-----------------------------#
21       6.43         94      ( 1 )---------------------------#
24       6.08         92      ( 1 )-------------------------#
27       5.73         93      ( 1 )-----------------------#
30       5.37         85      ( 1 )---------------------#
33       5.00         92      ( 1 )-------------------#
36       4.53         92      ( 1 )-----------------#
39       4.18         91      ( 1 )---------------#
-------------------------------------------------------------------------
```

图 9.11　外套弯曲 5.25 in 软盘的 TAA 随磁道的变化

和 9.10 是同一片倍密度 5.25 in 软磁盘测试的结果.有关信号幅度梯度的应用在本书第十一章中还将详细讨论.

9. 记录密度曲线 (Recording Density Curves)

在前面讨论输出信号脉冲波形时曾经看到，随着记录密度的提高,相邻脉冲有相互重叠、正负电压彼此抵消造成输出信号幅度下降，并且导致峰值的位移. 磁道平均信号幅度随着写入信号频率(即随着记录密度),而改变的关系曲线,称记录密度曲线.

在计算机外存储设备上所使用的记录介质,即软磁盘、硬磁盘和磁带,以及各种磁记录设备上用的磁头，即软磁盘磁头、硬磁盘磁头和磁带机磁头，最为重要的特性之一是有良好的记录密度特性曲线. 所以，记录密度特性曲线是数字磁记录理论和实践中经常研究的内容之一.

记录密度特性曲线为什么会如此重要呢? 大家知道，数字磁记录的最重要的发展方向是提高记录密度从而提高每种介质的存储容量.提高记录密度的途径尽管有种种(参见本书第四章),但无论是采用高矫顽力和薄的介质层,或采用垂直磁记录技术,或者是改进磁头结构,或者是改进驱动器的电路,无非最终要达到一个目的: 在高的记录密度时,输出信号的幅度能有足够的高度,从而能够正确地检出，亦即记录密度曲线中 TAA 随记录密度提高时不要下降得过快.

通过记录密度曲线可以判断记录介质和磁头可以达到的最高记录密度 D_{50}. D_{50} 的意义是: TAA 值随着记录密度的提高而下降，当降低到最高 TAA 的一半时的记录密度即为最高记录密度 D_{50}.

对于 D_{50} 我们还可以这样来理解: 如果记录密度曲线上处于 D_{50} 时的记录信号频率称为高频(即 2F 频率)，则以这样的记录密度进行记录时,读出信号的分辨率 $\left(\frac{2F\ TAA}{1F\ TAA}\right)$ 为 50%.

用同一片软磁盘在不同的驱动器上测试记录密度曲线，可比

较不同驱动器磁头的特性；而在同一台驱动器上测试不同的软磁盘的记录密度曲线，则可以考察比较各种介质的记录密度特性.由于最内磁道的记录密度最高，所以考察介质的记录密度宜在最内磁道进行.

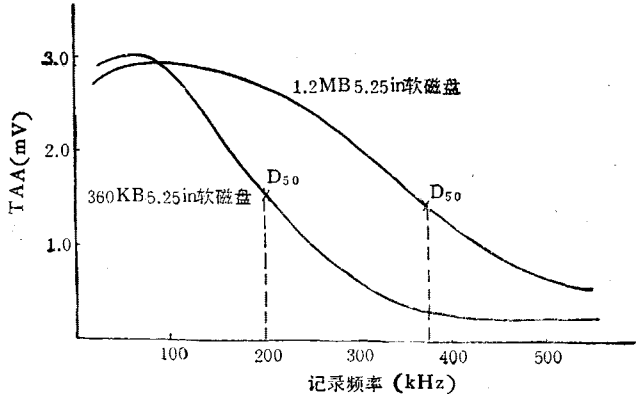


图 9.12 5.25in 倍密度，高密度软盘记录密度曲线

图 9.12 为 5.25 in 倍密度和高密度介质在高密度驱动器上测定的记录密度曲线. 可以看出两种介质随着记录密度的增加，输出信号幅度都随之下降，而低密度介质的输出信号幅度下降得要快得多.

对于上述现象是可以根据数字磁记录的理论进行解释. 记录介质的最高记录密度 D_{50} 取决于输出信号脉冲波形高度一半处的峰宽，即半峰宽度 W_{50}

$$D_{50} \propto \frac{1}{W_{50}} \tag{9.9}$$

对于以 γ-Fe_2O_3 磁粉为记录介质的材料，

$$W_{50} \propto \delta^{\alpha} \left(\frac{B_r}{H_c}\right)^{\beta} \tag{9.10}$$

式中 δ 为磁层厚度，B_r 为介质剩磁，H_c 为矫顽力，α 和 β 为小于 1 的常数，某些介质 $\alpha \approx 0.8$—0.9，而 $\beta \approx 0.1$—0.2.

信号强度，即峰高 E_p：

$$E_p \propto B_r(B_r/H_c)^{\beta}\delta^{1-\alpha} \qquad (9.11)$$

由公式(9.9)和公式(9.10)可知，磁层厚度越薄、矫顽力 H_c 越高，则脉冲宽度越小，而可以达到的记录密度越高，即 D_{50} 越大.

把上述 5.25 in 软磁盘的性能比较一下：高密度软磁盘的矫顽力 H_c=650Oe，磁层厚度为 2μm；倍密度软磁盘矫顽力较低，为300Oe. 磁层较厚为 2.5—3μm.所以高密度软磁盘的高频记录特性优于倍密度软磁盘. 从图 9.12 可以看出，倍密度软磁盘的 D_{50} 为 210kHz，高密度软磁盘的 D_{50} 为 360kHz. 由于高密度 5.25 in 软磁盘要求 2F 信号记录频率(即全"1"信号频率)为 250kHz，所以 300Oe 的记录介质记录密度特性达不到要求，而 650Oe 记录介质则可满足要求而有余.此外，从 5.25 in 高密度软磁盘的记录密度曲线看出，当 2F 频率为 250kHz 时，其 TAA 与 1F TAA 之比，即分辨率约为 77%，这一值是比较高的. 这也就是为什么我们要在高密度 5.25 in 软磁盘上采用矫顽力为 650Oe 的含 Co-γ-Fe_2O_3 作为记录介质，并且减薄磁性层的最根本的原因. 而如果在高密度驱动器上采用 H_c = 300Oe 的倍密度介质，由于输出信号幅度峰宽较大，会造成大的峰值位移，从而产生大的窗口偏离，请参见前面表 9.13(b).

同样的道理，可以用来分析 2MB 和 1MB 3.5 in 软磁盘的记

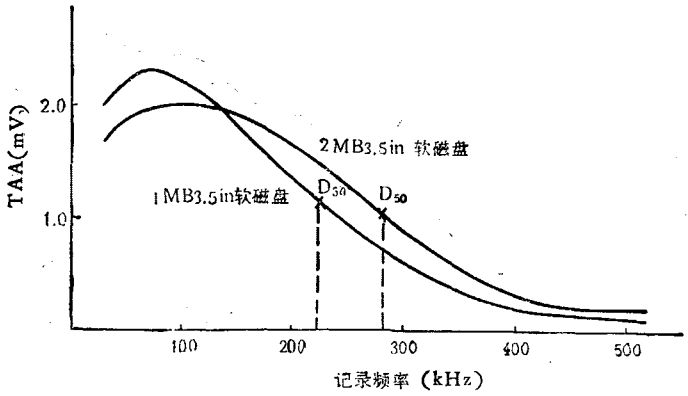


图 9.13 3.5 in 1 MB 和 2 MB 软磁盘的记录密度曲线

录密度曲线.都用同一台 2MB 3.5 in 驱动器测试时，2MB 介质的高频特性比 1MB 介质的要好. 请参见图 9.13.

从图 9.13 中可以看出，1MB 介质 D_{50} 低于 230 kHz，而 2MB 介质 D_{50} 高于 270 kHz，所以将 1MB 介质在 250 kHz 下记录则分辨率会太低.

以上两个图中的数据说明，在同一台驱动器上进行不同介质的记录密度曲线测试，可以比较介质的高频特性.

而用相同的介质在不同的驱动器上测量记录密度曲线，则可以判断不同驱动器磁头的高频记录特性. 图 9.14 示出了同一张 2MB 3.5 in 软磁盘在 索尼 73W 驱动器和 TE 35 HFN 驱动器上测试的记录密度曲线.

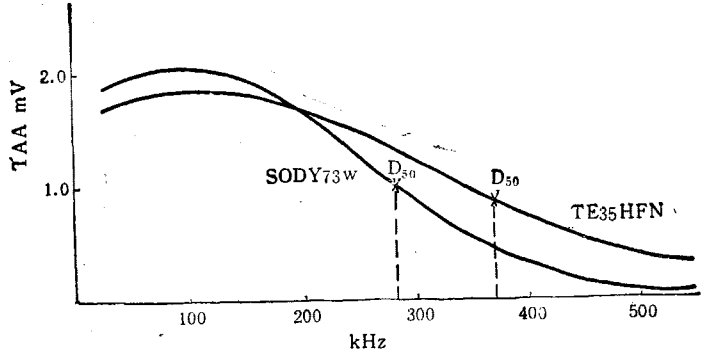


图 9.14 2MB 3.5 in 软盘在不同驱动器上的记录密度曲线

从图 9.14 数据可以看出 2 MB 盘在TE 35 HFN 驱动器上测试时 D_{50} 可达 370 kHz；而在 索尼 73 W 驱动器上测试时 D_{50} 只有 280 kHz.由此可判断 TE 35 HFN 驱动器磁头的高频特性较好.

10. 关于 ML-2000 软磁盘磁头/介质评估系统功能的小结

在前面我们花了相当多的篇幅来讨论 ML-2000 分析仪的测试功能. 在以上讨论中，我们并没有按照该测试仪给定的顺序逐个介绍如何去操作，如何去按键盘，因为这样介绍使用方法是仪器

说明书的任务．我们在讨论其功能时注意到了以下几方面：

（1）如何利用软磁盘分析仪(不限于 ML-2000）的各项功能去完成软磁盘的性能测试．例如，如何应用饱和电流曲线去确定测试记录电流，从而校准测试设备；如何去制作基准软磁盘等；

（2）把分析仪的测试功能、测试方法和数字磁记录理论联系起来．我们在本书中并没有专门的章节去介绍数字磁记录理论，更没有援引过多的复杂的公式，而是把数字磁记录的基本理论的结论同实验方法结合起来，并以实例加以说明．例如如何用记录密度曲线和峰值位移评价软磁盘和驱动器的性能；

（3）在介绍某一功能时，把测试的原理说清楚；

（4）在各项功能之间建立联系，使大家学会用多项功能来深入分析软磁盘的性能，例如抛光试验和错误特性曲线的关系，峰值位移和窗口偏离之间的关系等．

总之，ML-2000 的 15 项测试功能不是孤立的，而是彼此有着紧密联系的，我们应当逐步掌握采用多种功能去综合性地分析软磁盘的质量．

二、ML-5000 软磁盘分析仪

这种分析仪是美国 MediaLogic 公司继 ML-2000 之后开发的新型测试软磁盘的设备．ML-5000 采用 IBM PC-AT 型微型计算机作为主机，而不是象 ML-2000 那样用 DEC PDP-11/23 小型机作为分析仪的主机进行数据处理．很显然，这种分析仪的成本明显降低，使更多的软磁盘或磁头生产厂家以便宜的价格来承受；但带来的缺点是测试速度也明显地下降，给测试人员带来不便．

ML-5000 具备 ML-2000 的基本功能，其具有的重要特点是：采用彩色显示器来显示测试结果，并把一些原来在 ML-2000 上以数字显示的结果改以图形的方式很形象地表示出来，从而使测试人员从显示器上一目了然地判断软磁盘的某些特性，例如峰值位移、饱和电流曲线等图形是很鲜明的．

在介质和磁头的测试功能上可以测试下列项目：

(1) 信号幅度；

(2) 分辨率；

(3) 重写；

(4) 正、负调制，ANSI 和 ECMA 调制；

(5) 峰值位移；

(6) 漏码和冒码；

(7) 饱和电流曲线；

(8) 重写和预抹试验.

该分析仪把抛光试验列在工艺过程控制项目中，在此项目中还有一项中心金属环装配性能测试 (Hub Alignment Test),这是该设备所特有的一项功能，下面只对这一功能简要加以介绍，其它功能请参阅前面关于 ML-2000 的介绍.

中心金属环装配性能试验的目的，是检查金属环本身有没有缺陷，如外沿不平整；盘片是否有弯曲现象；盘片在中心环上是否上正、上平；粘胶环是否平展，装配盘片时压力是否均匀. 这些问题的存在对于盘片的转动平稳性和与磁头接触状况是有影响的. 在装配性能不良时，会影响信号读出幅度的大小，造成调制加大，并产生较多的漏码. 因此检查中心金属环装配特性的原理在于检查在整个盘片上产生漏码各点的分布情况.

测试方法如下：

(1) 将要测试的 3.5 in 软磁盘插入 ML-5000 的驱动器中；

(2) 读/写磁头寻找最内磁道，即 79 磁道，从该磁道开始测试；

(3) 这时在彩色显示器上会显示一张软磁盘的圆形，并显示中心金属环上驱动孔的位置，并给出 0，90，180，270 四个角度，以指示将要显示的漏码的位置；

(4) 计算机自动调节测试的漏码门坎，直到在最内磁道上找出不连续的 50 个漏码为止.这一门坎值将作为在下一步测试其余磁道的最高测试门坎. 将测出的 50 个漏码按位置显示在软磁盘

的图形上，漏码点为淡蓝色；

(5) 而后计算机将漏码门坎降低 5%，再进行测试，如果出现错误，则以深蓝色点显示漏码的位置，5%称为间隔 (Step Size)；

(6) 根据设定的间隔，计算机再降低门坎，若再出现漏码，则以淡红色点显示；进一步降低门坎，若出现错误则漏码位置以深红色显示，直至按设定的漏码间隔数完成测试为止；

(7) 磁头开始进入下一个磁道，即 78 磁道，重复上述步骤，找出各种漏码门坎的漏码位置并且显示出来，如果没有漏码，也就不显示任何颜色的点；

(8) 按上述步骤测完一个面的 80 个磁道；

(9) 显示整个盘面的漏码情况，并可打印出图形。

在图 9.15 中给出了一张打印图形的例子。可惜的是这里不能把彩色显示器上各种颜色的点显示出来。

在彩色显示器上可以看出如下规律性：

(1) 如果软磁盘的性能是良好的，则在 70 至 79 磁道之间淡蓝色的点是统计分布的，即无规则地大体均匀分布的；

(2) 如果中心金属环装配有毛病，或外沿不平，或介质弯曲，介质装得不平等等，往往会使某一扇区(即某一角度范围)内出现

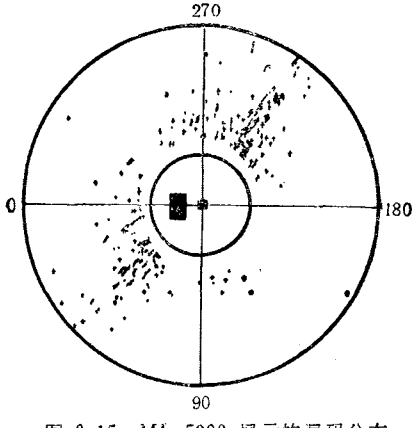


图 9.15 ML-5000 显示的漏码分布

漏码，而不是局部漏码.因此，在此扇区出现大片漏码，在显示器上呈现叶片状漏码点分布，或漏码点密集呈现辐射状条纹.

三、MSI-600 软磁盘耐磨损测试仪

MSI-600 耐磨损测试仪 (Floppy Disk Durability Tester)是法国 Media Service International (MSI) 公司最近开发的软磁盘测试仪，这是一家数字磁记录介质测试设备生产公司.

这种测试仪的功能有:

(1) 软磁盘寿命分析;

(2) 电学参数测试;

(3) 漏码、冒码测试;

(4) 在三个不同门坎下测试漏码和冒码;

(5) 记录密度曲线;

(6) 漏码冒码与门坎的关系曲线 (Avalanche Curve);

(7) 磁道的最高和最低电平;

(8) 信号幅度包络线;

(9) 各磁道的最低信号幅度;

(10) 漏码按角度的分布;

(11) 起动转矩，运行转矩和起动时间;

(12) 清洗磁头.

从以上介绍的功能可以看出，MSI-600 具有一般软盘分析仪的功能，并且具有测试耐磨损和测试转矩的功能. MSI-600 还可以用小型推动装置将 3.5 in 软磁盘放入、取出，使快门打开、关闭，测量快门开关次数，以检查快门和弹簧的可靠性.

MSI-600 测试仪所具备的有特色的耐磨损性能测试，可以测试软磁盘起始电性能参数，以及磨损过程中的电性能参数. 还可以设定磨损圈数，测试一定间隔时间的电性能参数. 这样不仅可以观察磁道的磨损情况，还可以得到磁道电学参数在磨损过程中的变化. 测试仪还可以预先设定磨损停机条件. 表 9.15 为 MSI-600 进行磨损试验时预定的停机条件实例.

表 9.15 耐磨损停机条件

设定值:	最小 TAA<80%
	同心度 >10
	起动时间>500 μs
	漏码个数>500
	运行转矩>250

MSI-600 是用 PC-AT 微机控制的，可以测试 DS-DD，DS-HD 5.25 in 软磁盘，1 MB，2MB 3.5 in 软磁盘.它的基础组件是三块电路板，每套组件可以控制四台驱动器. 由于该设备兼有测试电参数、耐磨损性能及转矩的功能，所以受到软磁盘制造厂家的关注.

四、软磁盘分析器

由机电工业部第三十三研究所开发的 FDA 软磁盘分析器是用 IBM PC 机增加一块测试线路板而制成的，即可以测试软磁盘的各种电学参数和磁道质量，同时还保存了原来微型机的功能，使用比较方便，价格便宜.

其功能的特点是能够显示和打印出每一条磁道的输出信号幅度包络线和整个磁盘的信号梯度曲线，可以形象地反映出测试结果，供进行质量分析.

有关 FDA 软磁盘分析器的测试功能，我们将结合应用实例在第十章中专门讨论.

第三节 软磁盘鉴定仪

软磁盘鉴定仪 (Certifier) 是软磁盘生产厂家在生产线上使用的软磁盘质量测试设备. 软磁盘鉴定仪和前面介绍的软磁盘分析仪，在测试原理上并无区别，只是在功能和用途上不同. 二者的区别在于:

(1) 软磁盘分析仪功能齐全，而鉴定仪功能较少，有些鉴定仪

只测试磁道质量，即只测试软磁盘有无漏码和冒码；

(2) 软磁盘分析仪要将测试的电性能显示成数值，绝对值或相对于基准盘的参数比值；而鉴定仪则设定某一判别标准，用标准去比较测定的数值，看合格还是不合格。达到比较标准视为合格，但好到什么程度并无显示；达不到标准视为不合格，但坏到什么程度，也不显示；

(3) 鉴定仪强调测试速度和可靠性，以期获得较高的产量；分析仪强调功能齐全和精度。

由于测试的原理相同，测试的项目只有多和少的差别，所以能够生产分析仪的厂家，完全有能力开发和生产鉴定仪，所以生产分析仪的厂家也大多生产鉴定仪。

生产软磁盘鉴定仪的厂家有 IXI, Mountain, Memcom, Media Logic 等公司；机电工业部第三十三研究所批量生产了倍密度和高密度 5.25 in 以及 1MB 和 2 MB 3.5 in 的软磁盘鉴定仪，向国内许多软磁盘生产厂家提供。

鉴定仪可分为手动分档和自动分档两大类。这两类鉴定仪在测试的原理上并无不同，只差在测试之后的盘片分档方式上。手动分档测试仪是根据鉴定仪面板上显示的等级，靠检测人员把盘片从鉴定仪上取出后分开；而自动分档的测试仪则根据不同等级发出的信号，由机械手或其它传动装置把不同等级的产品分送到一定的存放部位中去。

显然，自动分档的鉴定仪可以节省人力，也可以避免由于操作的疏忽而产生的误检。但是，自动分档设备由于增多了自动分档的辅助设备而使鉴定仪的价格加大了很多，在同等产量情况下往往比手动设备高出 3 至 6 倍。此外，自动分档设备由于结构复杂，需要技术水平较高的人员维护。因此，对于劳动力较便宜的国家和地区，手动的鉴定仪仍然很有吸引力。

从发展方向来看，鉴定仪的发展方向是朝向多功能的方向发展。早期的鉴定仪只测试漏码和冒码两种参数。由于软磁盘的记录密度不断提高，对于软磁盘性能的可靠性要求也越来越高，因

此，只靠漏码和冒码测试来判断软磁盘质量的好坏，还不足以确定其使用的可靠性．因此，近年来新投入市场的鉴定仪不仅可以测试漏码和冒码，也可以测试其它电参数，如信号幅度、分辨率、正、负调制等．

为了提高产品的质量，增加可靠性，在漏码和冒码门坎的设置上，往往高出 ISO 规定的标准．例如 ISO 的软磁盘标准中规定 5.25 in 软磁盘的漏码门坎为 40%，3.5 in 软磁盘的漏码门坎为 45%；华源磁电有限公司的大量产品，包括 ACT 牌号的产品，漏码门坎设在 60%，冒码门坎设在 15%或 18%．有些鉴定仪具有可以任意设定门坎的功能．

华源磁电有限公司有多台机电工业部第三十三研究所的软磁盘鉴定仪和多台 Media Logic-3100 型鉴定仪，经常和这些设备的开发生产人员进行技术上的交流，向他们提出增加和修改某些功能的建议，同时学习他们在维护方面的经验．

这里我们首先介绍机电工业部三十三所研制的 FD 系列软磁盘鉴定仪，然后介绍Media Logic公司的全自动ML-3100鉴定仪．

一、FD 系列鉴定仪

FD 系列鉴定仪是在 RC 系列鉴定仪的基础上发展起来的．

原 RC 系列鉴定仪有如下功能：

(1) 显示漏码和冒码，并且分等级：例如一级品 漏 码 门 坎 DO% TAA 为 60%；二级品 DO% TAA 为 40%或 45%；

(2) 显示信号幅度，是否过低；

(3) 调制的大小是否超过规定；

(4) 显示发生漏码或冒码的磁道号数；

(5) 5.25 in 软磁盘测试时，可以显示空套(即只有外套而未装入芯片)、双盘片等．

经两年的使用实践，三十三所软盘鉴定仪开发人员在 RC 系列基础上，改进、完善其功能，推出了 FD 系列软磁盘鉴定仪，增加了新功能．

1. FD 系列软磁盘鉴定仪的功能

(1) 质量等级鉴定

鉴定仪显示板上装有5个红色发光管，*A*，*B*，*C*，*D* 四个绿色发光管，指示被测盘片的质量等级及检出错误状态。

具体显示说明见表 9.16。

表 9.16

指示灯号		测试结果	磁盘等级
红色	1#	双面通过高测试门坎	双面倍密度盘(一等)
	2#	一面通过高门坎，一面通过低门坎	双面倍密度盘(二等)
	3#	双面通过低门坎	双面单密度盘(三等)
	4#	单面通过高门坎，另一面不合格	单面倍密度盘(四等)
	5#	单面通过低门坎，另一面不合格	单面单密度盘(五等)
1,2,3,4,5 全亮		废品	
绿色	*A*	正调制不合格	
	B	负调制不合格	
	C	转矩不合格	
	D	信号幅度不合格	

该鉴定仪新增加的功能有：自校准饱和写电流，测试正、负调制，转矩和信号幅度，测试状态选择和故障显示。

(2) 自校准饱和写电流

开机之后，将基准软盘插入测试仪中，经过约 40 秒钟，测试仪将自动测试饱和写电流，并按照 ISO 规定的方法将写电流校准到规定的测试电流上，这样既保证了测试的准确性，又十分方便。

(3) 测试正、负调制、转矩和信号幅度

在面板上除显示漏码、冒码错误外，用四个绿色发光管显示电性能和力学性能错误：

A 灯亮：表示被测盘正调制不合格；

B 灯亮：表示被测盘负调制不合格；

C 灯亮：表示被测盘转矩不合格；

D 灯亮：表示被测盘信号幅度不合格。

增加上述功能有利于准确地分析和判断软磁盘存在的质量问题.

(4) 辅助功能

FD 系列鉴定器除了正常测试外，还有一些可以供用户选择的辅助功能，以便对测试单元进行调整、校验、以及对被测盘片的缺陷作进一步的分析.打开机箱左侧板，可在 VTL 板上看到一个八位双列直插拨动开关，辅助功能的设置可用这一开关来实现：

开关 1 打到 ON 的位置：该测试单元将仅进行丢失脉冲测试；

开关 2 打到 ON 的位置：该测试单元将对软盘兼测调制；

开关 3 未用；

开关 4 打到 ON 的位置：测试将停止进道，磁头停在原磁道上反复测试；

开关 5 打在 ON 的位置：磁头将停在发生错误的磁道上反复测试；

开关 6 未用；

开关 7 打在 ON 的位置：该测试单元在进入工作状态后将脱离测试，由内道向外道逐道进行只写操作；

开关 8 打在 ON 的位置：该测试单元在进入工作状态后将脱离测试，由内道向外道逐道进行只读操作.

上述开关 4、5 可在测试过程中设置，其它均应在测试前设置.

(5) 故障显示

该鉴定仪有一定的系统错误自检判断能力，对在运行过程中系统出现的一些异常情况以“E”字加一位数字显示.

显示“E1”：表示本磁道读出幅度异常地低，出现这种情况，一般是外套弯曲，使盘片与磁头接触不良，或在测试过程中有故障.

显示“E2”：表示至少有一面 (0 面或 1 面) 磁头无读出幅度，有时是磁头弄脏或磁头线断开，或软盘外套弯曲.

若出现 E1 或 E2 错是由软盘引起的，这种盘易出现零磁道

错误而不能格式化。

显示“E3”：表示测试结果异常，一般是由于门坎或有关电路故障所致。

显示“E4”：表示软盘驱动器运行状态信号消失，一般是由于软盘驱动器出现故障或有关的连接电缆断开所致。若在测试过程中人为地打开驱动器手柄，也会出现上述情况，只要重新关闭驱动器手柄即恢复正常。

显示“E5”：表示微电脑系统受到外界干扰，中断正常工作，一般是由于电源波动或附近有较强的干扰源所致。

显示“E6”：表示微电脑系统的程序中断，这主要是有关集成电路接触不良或损坏所致。

显示“E7”：表示软盘驱动器转速大于规定值。

显示“E8”：表示软盘驱动器转速小于规定值。这条故障与上条一样，都是由于驱动器电机或有关电路损坏或失调所致。

2. 故障的简易排除

FD 系列软盘鉴定仪在使用过程中出现故障可用下述方法进行排除：

(1) 整机的单元均无显示，检查电源保险管及有关电路；

(2) 显示 E1：用清洗盘对磁头进行清洗；

(3) 显示 E2：先用清洗盘清洗磁头，无效时检查磁头引线；

(4) 显示 E3：先检查 TP9 及 TP10 有无信号输出，若正常，再检查 U107 及 U108 是否完好；

(5) 显示 E4：首先检查驱动器连接电缆，若完好再检查软盘驱动器的索引信号；

(6) 显示 E5：在交流电源上加装交流稳压器，鉴定器电源插头中点可靠接地；

(7) 显示 E6：先检查 VTL，VTM 与总线是否接触完好，再检查 U202 是否损坏；

(8) 显示 E7：检查并调整驱动器内伺服板上的主轴调速电

位器，使转速调在合适的范围内；

(9) 显示 E8：和上述相同，检查并调整驱动器内伺服板上的主轴调速电位器，使转速调在合适的范围内。

3. 驱动器的更换

软盘生产厂家用鉴定仪测试软盘，由于连续使用，所以对驱动器的磁头磨损速度要比计算机用户使用的驱动器对磁头磨损严重得多。随着磁头的磨损信号幅度和分辨率下降，当信号输出幅度过低而无法调整时，或分辨率低于60%时，应当更换磁头，或更换驱动器。

若新驱动器和被替换的驱动器是同一生产厂家的，而且是同一型号的，则安装新驱动器时只需要将磁头插头的信号线按其颜色和原驱动器的插头对应调整到相同的插脚上即可。若不是同一厂家的驱动器，请有关的技术人员更换为宜，以免损坏测试电路或磁头。

驱动器的选择对测试准确性和平行性有较大的影响，并不是任何适于用在微型机的驱动器都可以用在测试仪上。自己选择驱动器应当征求鉴定仪的设计者或制造者意见，或向有经验的软盘鉴定仪维修人员咨询。

二、ML-3100 鉴定仪

这种鉴定仪是 Media Logic 公司设计用于生产线测试 1MB 和 2MB 3.5in 软磁盘的设备。一台 ML-3100 装有六台测试驱动器，自动测试并将产品分档次。因此使用方便，节省人力。

1. ML-3100 测试功能如下

(1) 漏码门坎：5—100% TAA 任意设置；
(2) 冒码门坎：5—100% TAA 任意设置；
(3) 同时测定或不测电学参数：TAA, RES, OVR；
(4) 测 ECMA 调制和 ANSI 调制。

2. ML-3100 的统计功能有

(1) 统计每个班总测试数量，一级品(高门坎)、二级品(低门坎)和三级品(不合格品)的数量；

(2) 统计在每台驱动器上测试软盘的合格率，在显示屏幕上显示出直方图；

(3) 随时监控每台驱动器的工作状况，显示是否有故障；

(4) 随时报告产生废品是由于那项指标不合格造成的. 废品率是多少，是 0 面还是 1 面有错误.

在使用 ML-3100 进行生产测试的过程中，注意质量控制，并注意质量分析，对于提高产品质量和提高合格率是十分重要的. 六台测试驱动器上方人工放上待测试 3.5 in 软磁盘，待测试品经气动传送装置一片片送入驱动器进行测试. 测试完毕后自动退出驱动器并向下方料箱移动，根据测试结果分别滑入第一层(一级品)，第二层(二级品)或滑入第三层(不合格品).

自动供料箱每次可装 50 张盘，分类箱也能存放 50 张盘，更换取盘十分方便. 测试仪的驱动器都装在设备上方，每台测试驱动器出现故障时可单独检修.

第四节　各种电学参数之间的关系

在前面第八章中我们介绍了软磁盘的国际标准中规定的软磁盘的电学参数有：

(1) 磁道平均信号幅度 (TAA)；

(2) 分辨率 (RES)；

(3) 重写噪声 (OVR)；

(4) 调制噪声 (MOD)；

对于 3.5 in 软磁盘还要测试：

(5) 峰值位移 (PS)；

此外，在磁道质量方面要测试：

(6) 漏码;

(7) 冒码.

我们在本章的前面几节中详细讨论了以上各种参数的测试方法、测试设备;并且一再反复强调过,各种参数并非孤立的,而是彼此之间有着内在的联系. 在这里, 我们进一步分析一下各种参数的关系,以便对各参数的涵义有更深刻的理解,从而能够善于利用各种参数去分析软磁盘的性能.

一、信号幅度是测试各项参数的基础

上述七种电学参数以及在 ML-2000 分析仪上测试的抛光试验、错误特性曲线、饱和电流曲线等许多电性能, 是从不同的角度来考察介质的特性,然而仔细分析起来,可以看出, 得到这些参数的共同基础是从测量读出信号脉冲的波形高低或位置来计算出来的,只不过是写入方式或读出方式不同,或采用不同方法计算, 因而形成了各种不同的参数. 例如:

(1) 磁道平均信号幅度是整个磁道的输出信号的平均值;

(2) 分辨率是 2F TAA 与 1F TAA 之比值. 显然,测定分辨率的基础是测定不同频率下的输出信号幅度,再计算比值而已;

(3) 调制是测定 TAA 之后, 再找信号幅度是最高和最低部位的信号强度,所以调制是输出信号不均匀性的量度;

(4) 重写是用 2F 信号重写在 1F 信号上之后, 1F 残余信号幅度的量度;

(5) 峰值位移是输出信号波峰位置与预定位置之间有差异的量度;

(6) 漏码是磁道局部位置上输出信号低于 TAA, 而漏码电平则是局部输出信号幅度与磁道平均信号幅度 TAA 之比;

用 DO% TAA 量度一个局部称漏码, 量度一个磁道即抛光参数;量度整个盘即错误特性曲线,所以 DO% TAA 是一个很重要的参数;

(7) 冒码是在直流抹之后测试残余信号强度与原 TAA 之比.

总之，测试不同条件下的信号幅度是测试各项参数的基础.一个良好的分析仪设计人员，利用测试信号幅度，加上各种软件，设计出能够测试各种各样的电参数的设备，并以醒目的图形显示出来.就好象一个优秀的厨师用鱼和肉做出各种各样的佳肴一样.仔细分析各种电学参数以后，这些参数的基础只不过是输出信号幅度;仔细分析各种佳肴，无非是鱼和肉，并无其它.

在图 9.16 中给出了各种电参数与信号幅度之间的联系.

二、利用各种参数综合分析软磁盘和磁头的性能

既然各种电性能参数都是以信号幅度的测试作为基础，所以一当软磁盘或驱动器的磁头有质量问题，往往不止反映在一个参数上有异常，而会在其它参数上也出现异常. 所以，我们可以利用多个参数来考察软磁盘的特性. 下面我们分析一些参数的关系.

1. 信号幅度和分辨率

我们已经知道，分辨率是 2F TAA 和 1F TAA 之比. 要得到高的分辨率，必须有较强的 2F TAA，即在高频记录下输出信号强度较大. 为此，从介质上说，应采用高矫顽力介质、薄的磁层，表面压光要良好以减少间距损失.

如果 2F TAA 偏低，则不仅这一参数达不到 ISO 要求，而且分辨率也达不到要求. 例如当把倍密度 5.25 in 软磁盘作为高密度盘测试时就出现这样的情况(参见表 9.13(b)).

当磁头磨损比较严重、或磁头表面被沾污时，受到影响的首先是高频信号强度，即 2F TAA，而 1F TAA 受到的影响相对要小. 所以，这时分辨率随着 2F TAA 的下降而下降，饱和电流曲线会变坏.用这种磁头测试时，漏码也会加多，合格率会下降. 这就是为什么我们要在测试软磁盘的过程中经常维护、清洗磁头的原因.

引起信号幅度 TAA 和分辨率下降的另外的原因，不是介质层或磁头的问题，而是软磁盘的装配性能存在缺点，使得 TAA 下

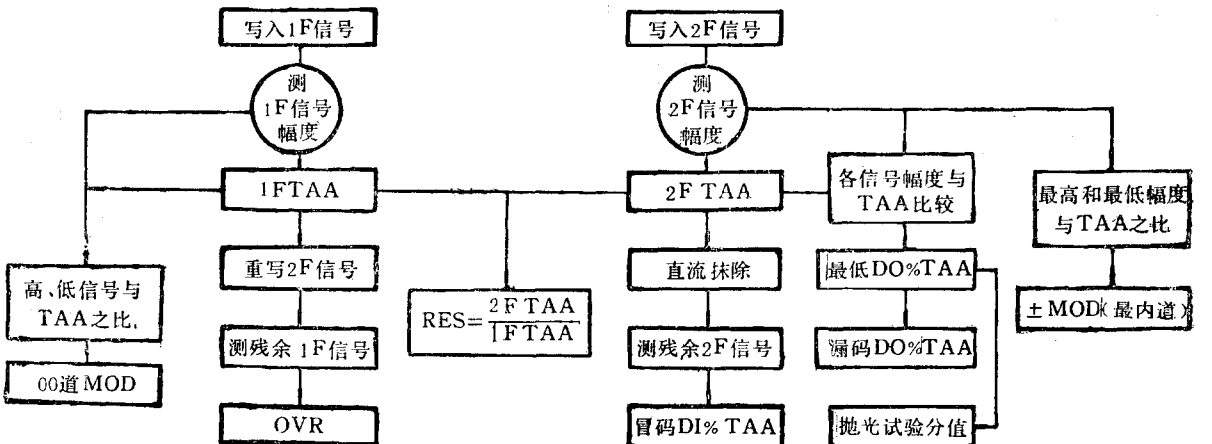


图 9.16　信号幅度和各电学参数的关系

降，而 RES 也降低。表 9.17 给出一个由于外套弯曲使得 0 面和 1 面 00 磁道的 2F TAA 和 RES 都低的例子（正常值均应在 100% Ref 左右）。

表 9.17 弯曲外套造成 00 道 TAA 和 RES 低，—MOD 大，有漏码，OVR 偏大

02-NOV-89 00:00:00 PRODUCTON TEST
TEAC 55BR DRIVE # 1 MEDIA ID #3602 DATA FILE: NONE
IW = 4.9 , 4.7 MA PK 2F FREQ = 125 KHz MOD FILTER: 200 Hz

HEAD NO:	TRACK NO:	TAA (PERCENT) 1F	2F	RESOL (%)	OVR (%)	MODULATION (%) POSITIVE	NEGATIVE
		VALUES COMPAED TO REFERENCE				ACTUAL VALUES	
0	00	47.70	31.70	65.8	194.2	19.5	32.5
0	39	91.20	104.50	100.3		2.9	2.5
1	00	71.60	57.70	83.9	112.5	6.7	24.4
1	39	90.60	96.00	103.4		2.7	1.9

FIXED THRESHOLD TEST DO = 65 % DI = 5 % I RETRIES PER ERROR

MISSING BIT (DROP OUT) HEAD	TRACK	DO (%)	DEGREES	EXTRA BIT (DROP IN) HEAD	TRACK	DI (%)	DEGREES
0	00	60.0	318.6				
1	00	42.5	318.6				

MEDIA ID #3602 FAILED G. YEAN CERTIFICATION

2. 调制与各参数的关系

调制是输出信号大小整齐均匀性的量度，是软磁盘电性能测试中十分重要的参数。

调制又分为：

正调制；

负调制；

ANSI 调制；

ECMA 调制。

几年来我们对华源磁电有限公司的大量产品及国内外生产的软磁盘测试表明，对于软磁盘的质量而言，调制比起 TAA, RES 和 OVR 来说要敏感得多，在分析软磁盘质量上的用途也大得多。

TAA, RES 之所以在质量分析上不如 MOD 那样敏感，是因为盘片是连续大规模涂布生产的。配制一批磁浆可以涂布几百万

片软磁盘，当磁粉等材料固定，涂布、压光及后加工抛光工艺固定时，在这批产品中 TAA 和 RES 的变化不大．在我公司生产的几千万片软磁盘产品中，几乎很少发生由于 TAA，RES 和 OVR 值不合格而造成废品的情况．

调制这一电参数则完全是另一种情况了．我们曾测试过某厂试涂的软磁盘，由于涂布机上乱磁装置不合要求，所以虽然 TAA 和 RES 合乎 ISO 标准要求，但调制却接近或超过 10％的规定界限(图 9.17)．

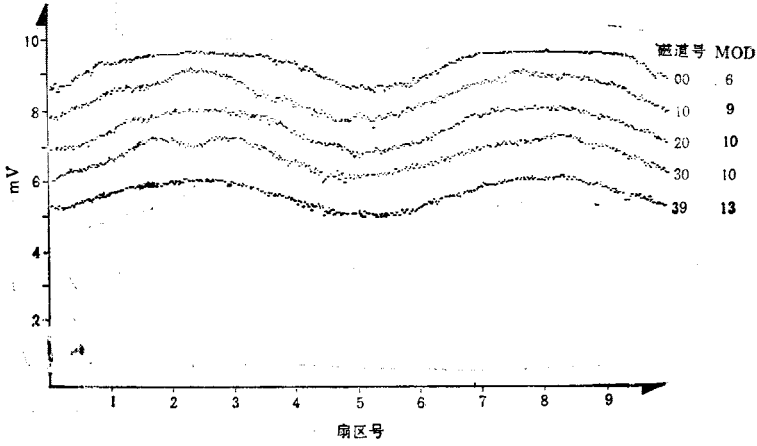
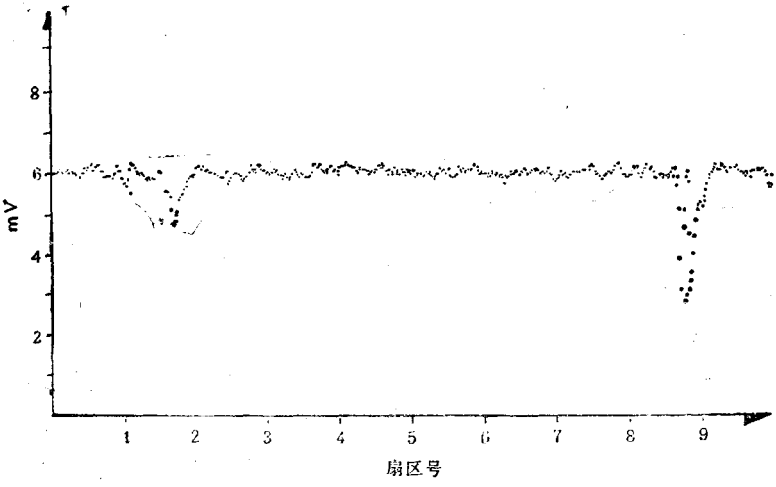


图 9.17　乱磁不好的软磁盘信号幅度包络线

调制，特别是负调制对盘片缺陷、盘片平整程度以及外套质量十分敏感．因此，我们可以通过调制的大小和其它电参数相结合来分析软磁盘存在的质量问题．我们总结出如下规律性：

(1) 如果磁层上有不大的缺陷，如沾污，缺少磁层，机械划痕，则有缺陷的磁道会出现漏码．这一磁道的信号幅度包络线变得不整齐，同时会有大的负调制 (－MOD)，见图 9 18．但是由于缺陷在整个磁道长度上占的比例不大，所以缺陷处信号幅度虽低，但还不会对整个磁道的 TAA 产生过大的影响．所以有漏码磁道 TAA 有可能合格，同样道理 RES 也可能是合格的；

(2) 良好的盘片正、负调制通常不超过 3％；



MOD = 34%

图 9.18 有缺陷磁道的信号幅度包络线

(3) 正调制往往反映的是磁层表面光滑程度. 涂布质量、压光质量不好的盘片往往出现 10%左右的正调制;

(4) 漏码和负调制的关系. 当磁记录层上有缺陷, 如缺少磁层、或凸起、或有沾污、机械划伤就会造成读出信号幅度下降,从而出现漏码. 某一磁道出现有漏码,一般说来,不是唯独一个信号输出幅度偏低,而是一连串的信号(整个缺陷区域)都偏低. 这样,就使得负调制增大.所以,负调制对于磁层缺陷、盘片弯曲、外套弯曲或 3.5 in 软盘中心环装配不良等质量问题是比正调制更为敏感的参数.

例如在 3.5 in 软磁盘的生产工艺中,当装配有金属中心环的介质插入外套 (Clam-Shell) 之后要进行焊接. 焊接不良时外套的 ABS 塑料会溢焊而沾污介质表面. 对于大量的介质分析表明,被沾污往往集中在外磁道区域(从 00 磁道至 10 磁道). 在这一区域会出现漏码, 而且发生漏码的位置大致都在同一角度上. 在产生漏码的同时,发生漏码的磁道负调制也增大. 表 9.18 表明,0 面 0 磁道有漏码,其 —MOD 变大.

表 9.18 塑料溢焊引起外磁道沾污和—MOD 变大

```
17-MAY-90      00:00:00        PRODUCTION TEST
TEAC-35HFN-22-2MB              DRIVE # 3      MEDIA ID #2006DATA FILE: 2MB01
IW = 4 , 4.1 MA PK             2F FREQ = 250 KHz       MOD FILTER: 200 Hz
HEAD TRACK TAA (PERCENT)   RESOL    OVR              MODULATION (%)
 NO.  NO.    1F      2F      (%)      (%)       POSITIVE     NEGATIVE
-------------------------------------------------------------------------
             VALUES COMPAED TO REFERENCE          ACTUAL       VALUES
 0      0   86.40   94.70   103.1    146.7        3.8           51.4
 0     79   80.00   85.10   117.6                 4.2            3.1
 1      0   84.70   92.80   105.2    163.3        1.5            2.7
 1     79   78.40   81.90   109.1                 2.7            2.2
FIXED THRESHOLD TEST      DO = 60 %  DI = 20 %       1 RETRIES PER ERROR
   MISSING BIT (DROP OUT)                        EXTRA BIT (DROP IN)
HEAD  TRACK  DO (%)  DEGREES                HEAD  TRACK  DI (%)  DEGREES
-------------------------------------------------------------------------
 0       0     20.0     142.0
 0       1     50.0     142.3
MEDIA ID #2006 FAILED G. YEAN CERTFICATION
```

第五节 结 束 语

在这一章中，我们在介绍各种软磁盘测试仪的功能的同时，以我们工作中的许多典型的实例说明了如何利用这些功能去完成软磁盘各电学参数的测试。在讨论各项电参数的意义时，我们又结合实际介绍了数字磁记录的基本概念，这些基本理论知识对于从事磁记录介质和磁头开发、生产和测试的人员都是很重要的。

对于软磁盘生产厂家而言，不仅要把好质量关，做好质量控制工作，还要做好质量分析工作。而要想做好 QA 工作，必须熟习软磁盘的结构与其电性能之间的联系，逐步做到根据测试结果能判断出工艺上存在的问题，从而能协助生产线改进工艺，改进设备，从而做出合格率高、质量高的产品来。几年来，我们力求做到这样一点，对于提高产品质量起到了很有益的作用。

第十章　利用信号幅度包络线和梯度曲线分析软磁盘的性能

第一节　引　　言

我们在软磁盘的国际标准中曾介绍了软磁盘的各种电学参数，其中最基础的参数是输出信号幅度（Signal Amplitude，简称SA），因为所有其它的电学参数以及磁道质量（漏码和冒码）的测试都是以测试输出信号幅度为基础的。此外，电学参数中的调制噪声是一个十分重要的参数，它反映了磁记录介质的均匀性以及介质和驱动器磁头相互接触的情况。

详细地分析软磁盘的信号幅度和调制噪声的变化，对于软磁盘的质量分析十分重要。但是许多软磁盘分析仪通常只能给出软磁盘最内磁道和最外磁道的电参数，不能直观地观察整个磁盘上信号幅度的变化。为了解决这一问题，机械电子部三十三研究所开发了一种软磁盘分析仪（FDA），这种分析仪是用 IBM PC 微型计算机增加一块测试线路板而构成的。它既可以测试软磁盘的各种电学参数和磁道质量，同时又仍能保持微型机的原有功能，不妨碍其做为微型机来使用。所以这种测试设备价格便宜，实用深圳华源磁电有限公司利用这种分析仪进行了大量质量分析工作。

FDA 的一个主要特点是能够显示和打印每条磁道的信号幅度包络线和整个磁盘的信号幅度梯度曲线。下面我们来介绍如何用这两种曲线来分析软磁盘的性质。

第二节　信号幅度包络线和梯度曲线的意义

一、信号幅度包络线（Envelope of SA）

在软磁盘的每条磁道上都可以记录数以万计的信号．如果我们把输出信号在示波器上快速扫描，则形成如图 10.1 所示的图线．图 10.1 中上、下边沿构成的曲线称为包络线．显然，包络线越平直则反映了输出信号幅度越均匀．反之，起伏不平的包络线反映了被测磁道的输出信号幅度不整齐．为了显示出一条磁道的包络线，我们将一条磁道划分为 512 个区段或更多的区段，然后对每一划分区段的输出信号采样，得出每一区段输出信号幅度的平均值 A，再对整个磁道各段的 A 值求平均值，则得出磁道的平均信号幅度 TAA：

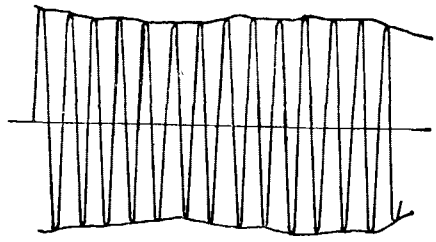


图 10.1　信号幅度包络线示意

$$\mathrm{TAA}=\frac{(A_1+A_2+\cdots+A_i+A_N)}{N} \tag{10.1}$$

式中 A_i 为第 i 区段的输出信号幅度平均值，N 为磁道划分的区段数，为 512 或更大．由于 N 值相当大，即在显示器上显示的点足够多，所以就形成了信号幅度包络线．

根据软磁盘的 ISO 标准，调制可以计算如下：

$$\mathrm{MOD}=\frac{A_{\max}-A_{\min}}{A_{\max}+A_{\min}} \tag{10.2}$$

式中 $A_{\max}$ 和 $A_{\min}$ 是被测磁道各区段的平均信号幅度之最大值和最小值．显然，调制的大小反映了信号大小的不均匀程度，包络线越平直则调制越小．

二、信号幅度梯度曲线 (Ladder-like Curve of SA)

把软磁盘每个记录面（0 面或 1 面）上所有磁道的平均信号幅度联接起来，即构成这个记录面的信号幅度梯度曲线。从该梯度曲线可以看出输出信号幅度在整个软磁盘上的变化。

下面我们来介绍如何用这两条曲线分析出软磁盘的性能。

第三节　软磁盘性质的分析

一、质量合格的软磁盘

利用 FDA 可以测量从最外磁道至最内磁道间任意磁道的信号幅度包络线，同时显示出该磁道中输出幅度最大值 A_{max} 和最

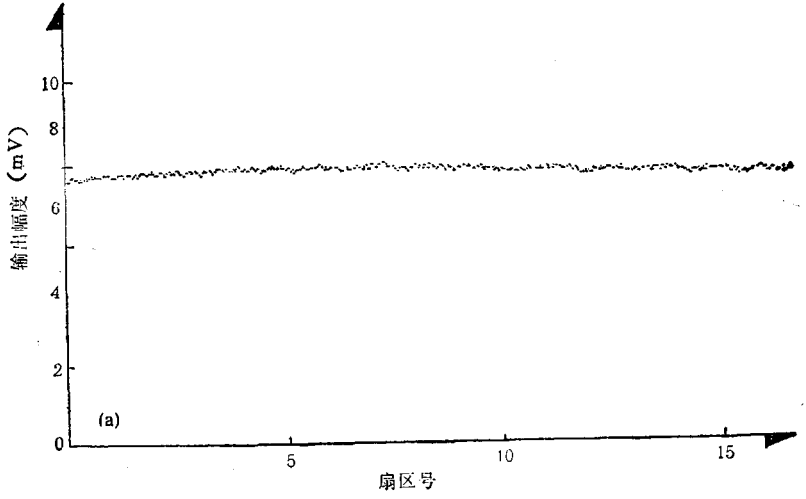
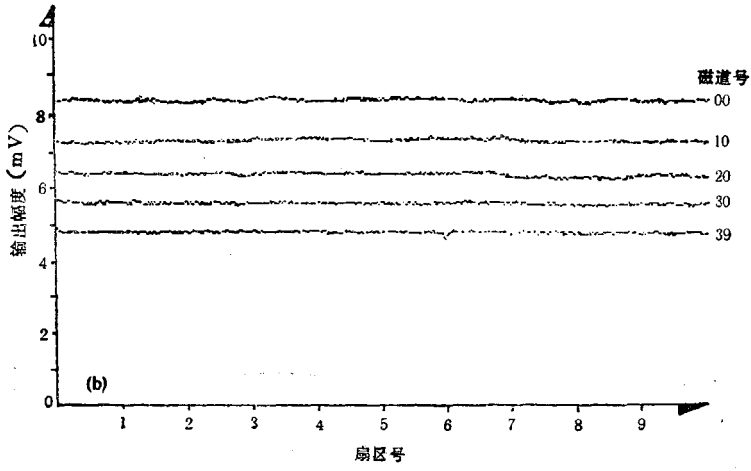


图 10.2(a)　5.25 in HD 软磁盘 00 磁道信号幅度包络线

磁道号	TAA (mV)	D (mV)	A_{min}	A_{max}	MOD (%)
00	6.60	0.05	6.36	6.75	2

小值 A_{min}，及平均偏差 D 和调制 MOD。平均偏差

$$D = \frac{|\mathrm{TAA} - A_1| + |\mathrm{TAA} - A_2| + \cdots + |\mathrm{TAA} - A_N|}{N} \tag{10.3}$$

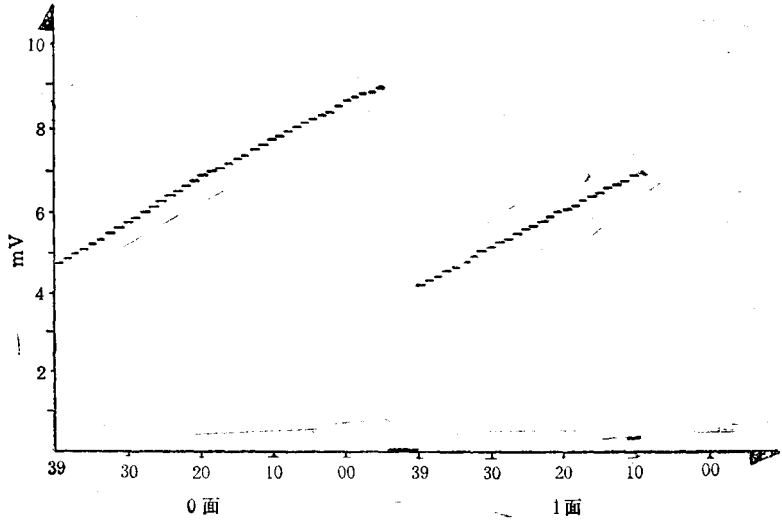


磁道号	TAA (mV)	D (mV)	A_{min} (mV)	A_{max} (mV)	MOD (%)
00	8.24	0.03	8.16	8.35	1
10	7.14	0.03	7.07	7.30	1
20	6.28	0.04	6.21	6.48	2
30	5.58	0.01	5.54	5.78	2
39	4.80	0.02	4.64	5.00	3

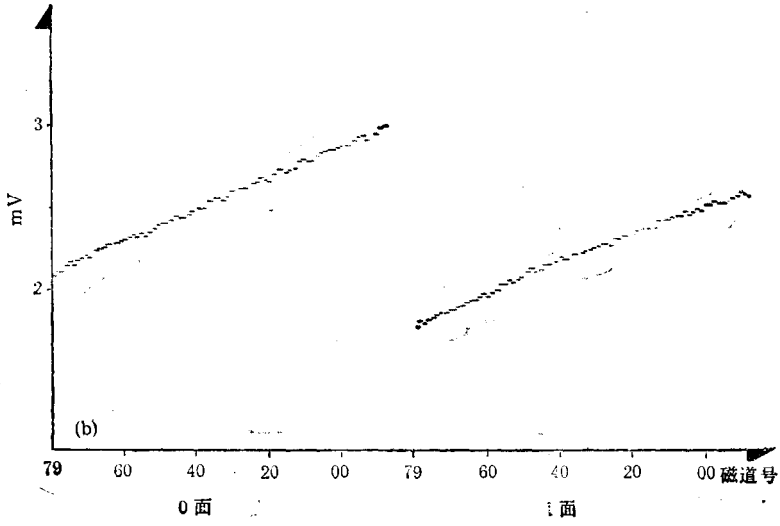
图 10.2(b)　5.25 in 双面倍密度软磁盘的信号幅度包络线

质量良好的软磁盘每条磁道的包络线都近乎于与横轴相平行的直线（图 10.2），有很小的平均偏差 D，调制小于 3%（ISO标准规定值为小于 10%）。包络线平直，调制小反映出被测磁道质量均匀，磁头与介质的接触状态良好。同时也反映出介质材料涂布是均匀的并且抛光工艺是良好的。

从软磁盘的最内磁道向最外磁道过渡时，由于记录密度逐渐降低，每个磁性单元逐渐变大，加上磁盘工作时，外磁道线速度变



(a) 5.25 in 倍密度盘



(b) 3.5 in 1MB 软磁盘

图 10.3 良好质量软磁盘的信号幅度梯度曲线

大，所以信号幅度逐步增加．因此，一个质量良好的软磁盘的两个记录面上各磁道平均信号幅度的连线应近乎直线，我们将测得的质量良好的软磁盘之信号幅度梯度曲线示于图 10.3 中．图 10.3 给出了 5.25 in 倍密度盘和 3.5 in 1MB 软磁盘信号幅度梯度曲线．

对于每面有 80 磁道（00 磁道到 79 磁道）的高密度 5.25 in 软磁盘和 3.5 in 软磁盘来说，任意磁道的 TAA 值可以表示为：

$$TAA_j = TAA_{79}(79 - j)K \tag{10.4}$$

式中 j 是磁道序号，K 是梯度曲线的斜率．斜率 K 又等于：

$$K = \frac{TAA_{00} - TAA_{79}}{79} \tag{10.5}$$

在式（10.5）中，TAA_{00} 和 TAA_{79} 分别为最外磁道（00 磁道）和最内磁道（79 磁道）的平均信号幅度．梯度曲线的斜率 K 值的大小与介质质量和磁头质量有关．

二、质量有问题的软磁盘

软磁盘的许多质量问题都在输出信号幅度和调制上有反映，因而在信号幅度包络线和梯度曲线上也有反映．下面我们列举一些典型实例来说明这一情况．

1. 介质表面粗糙

有的记录介质表面粗糙，或压光不良，或抛光工艺不当，以这样的介质制成的软磁盘输出信号幅度包络线不很直，而是有一定的起伏，同时调制也稍大．图 10.4 为介质表面粗糙的软磁盘的信号幅度包络线．

2. 机械排磁的影响

大家知道，通常用的磁带在制造过程中要求针状 γ-Fe_2O_3 磁粉沿磁带长度方向取向．而软磁盘具有环形磁道，因此磁粉不能沿涂布方向排列，理想状态是使磁粉沿环形磁道排列，但这种排列方法在软磁盘的涂布工艺中是难以实现的．工业上可行的方法是

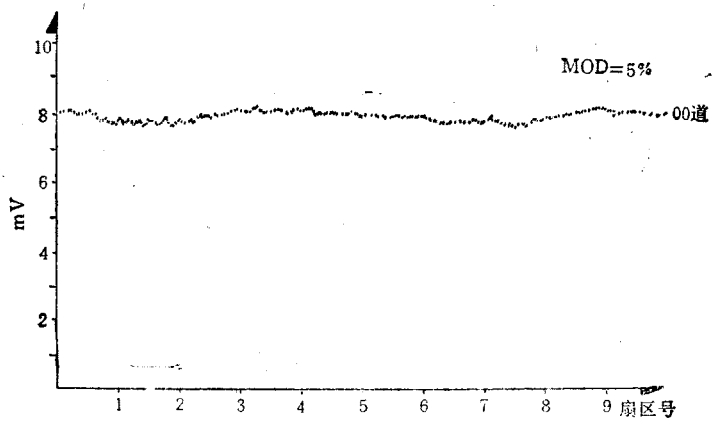


图 10.4　表面粗糙的软磁盘信号幅度包络线

使磁粉在涂布后混乱取向，亦称为乱磁（Deorientation）的方法，使磁粉任意方向排列，以避免由于机械排磁造成信号幅度不均匀，从而产生调制（噪声）过大的质量问题。

图 10.5 给出了由于涂布后没能消除磁粉的机械排磁，导致信号幅度包络线有较大的起伏，并有接近 10% 的调制。

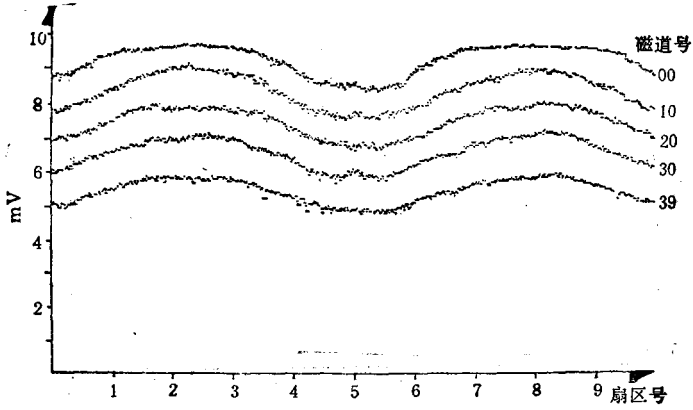
要注意的是，有机械排磁现象的软磁盘的信号幅度包络线有两个幅度最高点和最低点。它们分别对应于盘片上磁粉颗粒排列方向与磁头缝长方向相垂直和平行的点。

这一项测试可以协助我们根据所测盘片的包络线形状判断涂布后的乱磁效果，并选择最佳的乱磁条件（参看本书第五章第一节）。

3. 磁道上有缺陷

当磁道上有缺陷，例如缺少磁层，表面有机械划伤、凸起或表面沾污等都会使缺陷部位的输出信号幅度下降。从 FDA 测试仪绘出的信号幅度包络线，可以看出缺陷对磁道质量影响的程度。

图 10.6 示出了一条磁道上有缺陷的软磁盘在缺陷磁道上测试的信号幅度包络线。由图 10.6 可以看到，虽然由于缺陷造成信



磁道号	TAA (mV)	D (mV)	A_{min} (mV)	A_{max} (mV)	MOD (%)
00	9.14	0.37	8.20	9.60	7
10	8.20	0.42	7.34	8.98	10
20	7.26	0.36	6.44	7.89	10
30	6.40	0.35	5.54	7.07	12
39	5.31	0.30	4.29	5.85	15

图 10.5　有机械排磁的软盘信号幅度包络线

号幅度下降，但尚未降到 TAA 的 60% 以下，仍为好磁道（一等品标准）. 通常中等程度的缺陷造成信号幅度跌落，如果未降到 TAA 的 40%（5.25 in 软磁盘）或 TAA 的 45%（3.5 in 软磁盘）以下时，仍是一张合乎 ISO 标准的可用的软磁盘（二等品标准），但当磁层有严重缺陷，信号严重跌落，信号幅度低于 TAA 的 40%（5.25 in 软磁盘）或 45%（3.5 in 软磁盘）即为不合格的拒收盘. 从信号幅度跌落的程度及曲线跌落部分的宽度，可以知道缺陷的大小及缺陷对磁道质量的影响程度.

当磁道上出现缺陷，产生如图 10.7 所示的严重信号跌落时，A_{min} 只有 2.0mV，数值很小，因而从式（10.2）可以看出 MOD 数值会很大（达 62%），因此可以看出调制的大小不仅反映了磁层

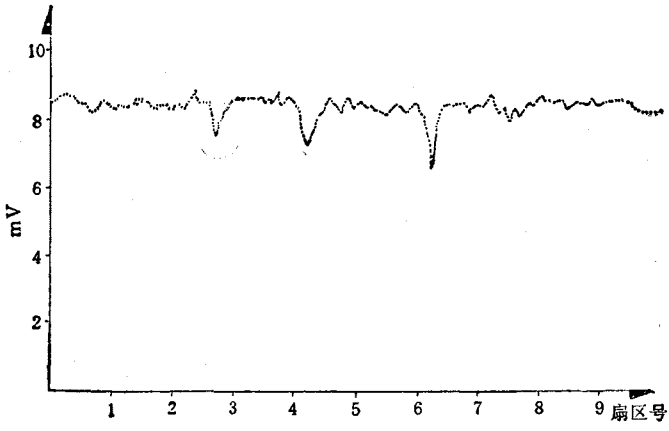


图 10.6　磁层缺陷对信号幅度包络线的影响

的均匀性，表面粗糙程度，而且也反映了磁层的缺陷和有无漏码。

第八章中我们曾提到过负调制的概念。负调制的定义是：

$$-\mathrm{MOD}=\frac{\mathrm{TAA}-A_{\min}}{\mathrm{TAA}} \tag{10.6}$$

从式中可以看出，−MOD 对 $A_{\min}$ 的敏感性比式(10.2)中 +MOD 对 $A_{\min}$ 更为敏感。所以一旦出现缺陷，−MOD 会有较大的增

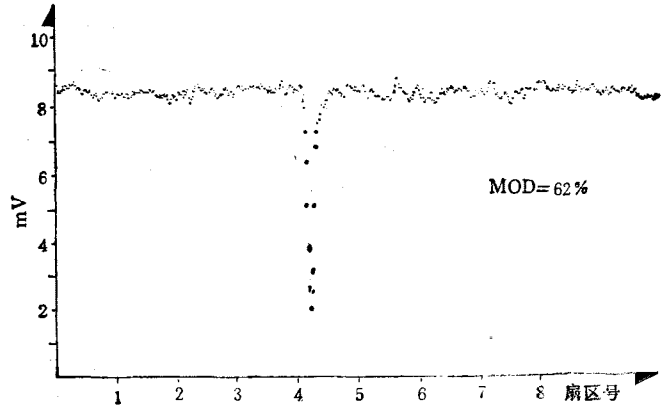


图 10.7　磁层缺陷造成的漏码

加．因此用 —MOD 的增大更容易看出磁层缺陷的影响。

4. 外套质量问题

5.25 in 软磁盘由于使用的是 PVC 硬片外套，因此较容易受外界条件影响产生变形，外套变形会使盘片弯曲，直接影响了软磁盘的记录性能．只有盘片在平直的外套中平稳转动，磁头才能与介质表面保持平稳接触，才能形成象图 10.2 所示的平直的信号幅度包络线及图 10.3 所示的直线状的信号幅度梯度曲线。

如果外套有弯曲变形的现象，则盘片不能在外套中平直转动，出现扭曲摆动，在这种情况下测得的信号幅度梯度曲线不呈直线，严重的情况如图 10.8 所示，在外磁道有严重的信号跌落．同时信号幅度包络线也不成直线，出现严重波动．由于磁盘偏摆，最外磁道受影响最大，则出现信号幅度倒置的情况，00 磁道信号幅度最低，相应的调制也随信号跌落的加剧而增大（图 10.9）。

图 10.10 表明外套弯曲的软磁盘调制随磁道变化的情况，图 10.11 则表明 TAA 降低值与调制的关系。

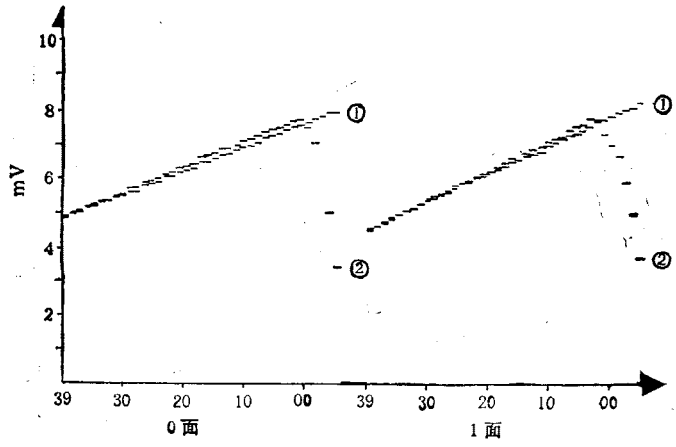


图 10.8　外套弯曲的 5.25 in 软磁盘对信号幅度梯度曲线的影响
①质量好的软磁盘；　②外套弯曲的软磁盘

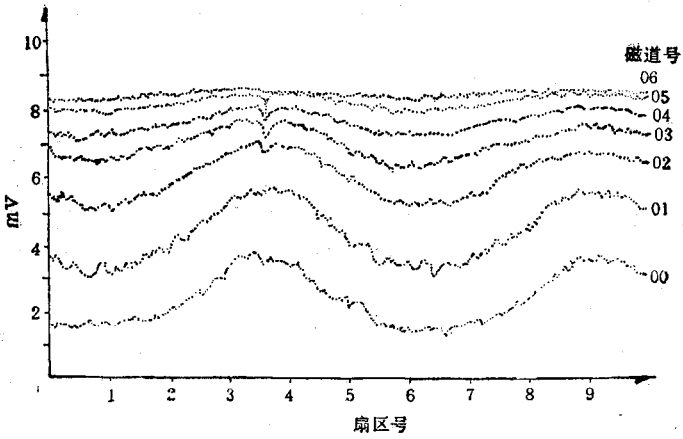


图 10.9　外套弯曲的 5.25 in 软磁盘的信号幅度包络线

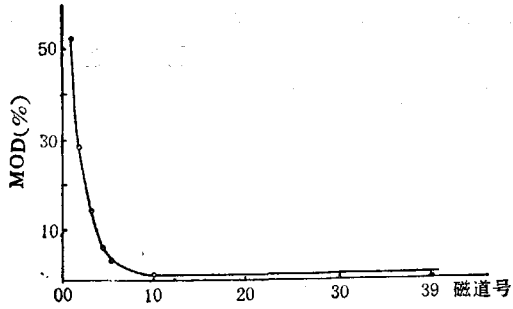


图 10.10　外套弯曲的 5.25 in 软磁盘调制随磁道的变化关系

外套质量对软磁盘性能的影响还可以用表 10.1 的数据来说明。表 10.1 中 1 号样品为外套平整的软磁盘，2 号样品为外套弯曲的软磁盘。测试数据是在 ML-2000 上得到的，这一数据可与 FDA 测试结果进行对比。

以上分析的意义在于通过测试结果找出 5.25in 软磁盘不合格的原因。大家知道，0 面 00 磁道记录了系统软件 DOS（磁盘操作系统）的引导程序，因此若 00 磁道输出信号幅度过低或调制过

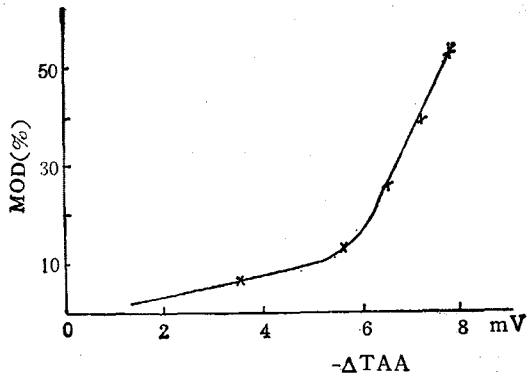


图 10.11　外套弯曲的软磁盘 TAA 减少值（$-\Delta TAA$）与调制的关系

表 10.1　外套质量对软磁盘性质的影响

样品号	测试面	磁道号	TAA相对值(%)		RES相对值(%)	OVR相对值(%)	MOD(%)
			1F	2F			
1	0	00	91.4	93.1	96.7	67.9	1.1
	0	39	102.3	107.6	103.3		3.4
	1	00	91.7	98.6	97.8	67.5	1.4
	1	39	101.0	93.4	100.0		1.6
2	0	00	25.7	15.3	58.8	410.0	32.6
	0	39	94.2	121.0	112.5		4.6
	1	00	55.7	41.4	77.3	189.0	8.7
	1	39	96.2	110.5	111.9		5.3

大，会使引导程序无法读出或根本不能写入，因而微型计算机不能起动．从上面分析，我们不难理解为什么 00 磁道的错误是软磁盘的致命错误．发生 00 磁道错误的软磁盘不能进行格式化，因而是完全不能使用的废盘．

在分析了 5.25 in 软磁盘 00 磁道不合格的原因之后，从工艺上进行改进，我们不难解决和消除生产 5.25 in 软磁盘中出现的 00 磁道不合格的质量问题．

5. 信号幅度包络线在检测 3.5 in 软磁盘上的应用

影响 3.5 in 软磁盘质量的一个重要因素是在金属环与盘片是否粘接平整. 若粘接不平,不论是由于金属环本身不平,还是盘片不平或 *A* 环粘结不平都会带来严重的质量问题: 出现冒码、漏码,调制过大并且信号幅度过低.

3.5 in 软磁盘的盘片不平和弯曲的 5.25 in 软盘外套一样对软磁盘的性能有着严重的影响, 严重的不平整会给 00 磁道和 79 磁道都带来大的正、负调制.

在图 10.12 中给出粘接不平的 3.5 in 软磁盘的信号幅度包络线,从图中可以看出在某一扇区有很大的信号幅度下降.

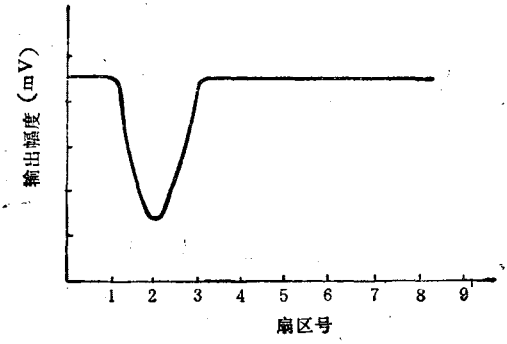


图 10.12 金属环位置偏差对信号幅度的影响

第四节 小 结

本章中介绍了 FD 系列软磁盘分析仪的两个具有特色的功能: 绘制信号幅度包络线和信号幅度梯度曲线. 这两种曲线可以直观形象地描绘出软磁盘的磁道质量和整个记录面上信号幅度的变化.

信号幅度,调制,漏码等电性能参数都不是孤立的, 而是彼此紧密相关联的. 这些参数是从不同的角度来分析、衡量、判断软磁

盘的质量问题的.

调制是一个十分重要的参数. 调制的大小不仅反映了磁层的均匀性，也反映出 5.25 in 软盘外套的质量以及 3.5 in 软磁盘的装配质量.

5.25 in 软磁盘外套弯曲和 3.5 in 软盘盘片不平会导致软磁盘质量的严重问题，使 00 磁道不合格，不能进行格式化，盘片成为废品.

通过本章的分析充分说明，利用各种分析测试手段，深入地分析原材料，半成品，成品及废品的电学特性，并根据质量分析的结果，不断改进生产工艺会有利于产品质量的提高. 华源磁电有限公司的软磁盘生产就是在质量分析的基础上，改进工艺过程，改变工艺条件，改进测试设备，使产品质量逐步提高，产品合格率逐步提高的.

第十一章　软磁盘产生冒码的原因分析

第一节　引　言

在第八章中讨论软磁盘的质量标准时曾提到，软磁盘的磁道质量测试就是测试整个磁盘的每一个磁道上是否存在漏码和冒码错误；在第九章中也介绍了软磁盘分析仪和鉴定仪上都具有测试漏码和冒码的功能。

在软磁盘上产生漏码是比较容易理解，也是容易目检可见的。当磁道的某一位置缺少磁性记录层时，就会减弱再生信号的强度。如果某一磁记录位单元缺少的磁层占该位单元面积的 $x\%$ 的话，则会使该位单元的输出信号强度减弱 $x\%$。磁层上有凸起、灰尘颗粒、沾污，或者磁头铁芯表面上粘附有脏物，就会加大磁头与介质之间的距离，引起较大的间距损失，也会使输出信号幅度下降。不论由于何种原因，凡使某一信号的强度值低于该位单元所处磁道的平均信号幅度的 40% (5.25 in 软磁盘的 ISO 标准)或 45% (3.5 in 软磁盘的 ISO 标准) 时，即视为漏码，或称丢失脉冲 (Missing Pulse)。TAA 的 40% 或 45% 这一数值称为漏码门坎。

冒码的定义是：先以 2F 频率在磁道上写入信号，测试该磁道平均信号幅度 TAA；再以直流磁场将上述写入的信号抹除后，测量残余信号的强度。若残余信号强度与原来 TAA 之比大于 20%，则视为冒码或称多余脉冲 (Extra Pulse)。TAA 的 20% 这一数值称为冒码门坎。通常用 DI% TAA 表示冒码电平。

这里应当注意的是：从对软磁盘的质量要求而言，漏码门坎 DO% TAA 设置得越高，则对软磁盘的质量要求越严格；而对冒码门坎的要求刚好相反，DI% TAA 设置得越低，则对软磁盘质量要求越严格。

在图 11.1 中给出了原信号、漏码和直流抹后的冒码的示意.

目前人们对于软磁盘产生漏码的原因已经十分清楚. 生产软磁盘的厂家采取了种种措施减少漏码以提高合格率. 软磁盘用户也注意了如何保护软磁盘,避免弄脏或损坏软磁盘,防止产生漏码错误. 但是,人们对于冒码产生的原因还比较生疏.软磁盘的使用和测试人员经常会提到这样的问题: 冒码是怎样形成的? 为什么不写信号会多出信号来呢? 这些问题的提出, 反映出人们对于冒码产生的原因、减少冒码的途径还不很清楚.

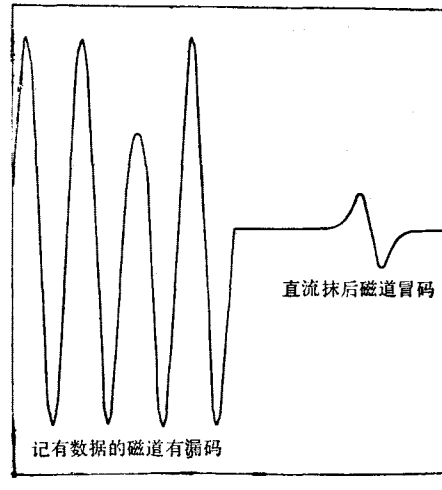


图 11.1 漏码、冒码示意

正如在有些有关软磁盘测试的文章中介绍的, 我们在大量生产和测试软磁盘时也观察到: 在 2MB 3.5 in 软磁盘测试时经常遇到冒码错误, 有时 DI%TAA 处于合格或不合格的难于判断的边缘.2MB 软磁盘的记录密度达到 17 440 bpi,已达到纵向记录密度的极限. 这表明了在高记录密度介质中容易出现冒码的问题.

正确地解释冒码产生的原因,不仅是一个磁记录的理论问题,而且对于在生产高密度软磁盘过程中准确地进行测试、以及在生产过程中如何减少或消除冒码错误都是有益的.

我们利用 Media Logic 公司的 ML-2000 软磁盘分析仪对于华源磁电有限公司生产的各种软磁盘以及进口的大量软磁盘的样品进行了分析,对于 ML-2000 分析仪上所有 8 台驱动器测试的结果进行了比较,从中总结出某些规律性,并且对造成软磁盘冒码

的原因做了初步分析．我们认为，就目前生产的软磁盘介质而言，引起冒码的主要原因是：

（1）介质剩磁的影响；

（2）介质层上的缺陷；

（3）磁头与介质匹配不良；

（4）驱动器电路的噪声．

下面我们援引一些数据，讨论上述影响因素．

第二节　软磁盘出现冒码的规律性

ML-2000 软磁盘分析仪的第一项功能，即电学参数测试和第十五项功能，即漏码、冒码和窗口偏离测试可以测试每一磁道的冒码电平、冒码发生的位置（距离索引孔的角度）．利用这两项功能我们测试了不同规格的 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘上冒码分布的状况，从大量分析结果中得出如下规律：

（1）5.25 in 倍密度软磁盘的位密度最低(5922 bpi)，这种软磁盘的各磁道，无论是外磁道或内磁道，很少出现冒码现象．即使偶而有的盘出现冒码，冒码电平 DI% TAA 不超过 5%．这一数值远低于 ISO 标准中对于冒码电平规定的 20% 的标准．典型实例如表 11.2 所示；

（2）随着记录密度的提高，出现冒码的几率增加，具有冒码的磁道多了起来．5.25 in HD 软盘(位密度 9 650 bpi) 会出现 DI% TAA 达 10% 的冒码．位密度高达 17 440 bpi 的 2MB 3.5 in 软磁盘出现的冒码磁道最多，而 DI% TAA 值也更高．典型实例参见表 11.5 以及第九章表 9.9 和 9.10．限于篇幅，我们给出的是隔若干磁道测试的结果．

在图 11.2 和表 11.1 中给出了各种规格软磁盘的记录密度和经常出现的冒码电平的关系

（3）参看表 11.3—11.5，我们还可以总结出另一个规律性：在同一张软磁盘上，从外磁道（00 道）向内磁道（39 道或 79 道）逐

道测试时，内磁道出现冒码的几率较大，而内磁道冒码电平也逐渐增加。最典型的是 2MB 3.5 in 软磁盘。许多 2MB 3.5 in 软磁盘在 70 至 79 磁道几乎总要出现 10—17.5% 的冒码，有时已达到 ISO 标准规定的极限。

在图 11.3 中给出了冒码电平随磁道的变化。

表 11.1 各种软磁盘常出现的冒码电平与记录密度的关系

软磁盘尺寸 (in)	密 度	存储容量 (MB)		位密度 (bpi)	正常盘的 DI% TAA
		非格式化	格式化		
5.25	倍密度	0.5	0.36	5922	0—5
5.25	高密度	1.6	1.2	9650	5—10
3.5	倍密度	1.0	0.72	8720	5—10
3.5	高密度	2.0	1.44	17440	10—17.5

上述规律性是很重要的。例如，由于倍密度 5.25 in 软磁盘很少出现冒码，所以检测这种软磁盘磁道质量时冒码不是重点测试对象；但在测试 2MB 3.5in 软磁盘时，冒码测试必须十分仔细，否则会出现质量问题。这一规律性还有利于协助我们解释冒码产生的原因，这一点后面将详细讨论。

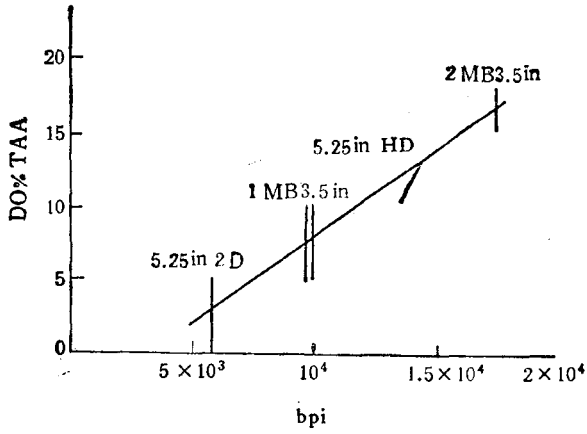


图 11.2 各种软磁盘的冒码电平与记录密度的关系

表 11.2 5.25 in DS-DD 软磁盘冒码测试结果

测试面：0 面

漏码			冒码			窗口偏离		
磁道号	DO% TAA	位置（角度）	磁道	DI% TAA	位置角度	磁道	窗口(%)	位置（角度）
00	91.0	266.3—266.7	（空白表明			00	16.0	85.8
05	95.0	169.5—169.5	DI%TAA<5）			05	16.0	247.7
10	95.0	168.0—168.0				10	16.0	4.1
15	95.0	55.7—55.7				15	16.0	2.7
20	95.0	140.5—140.5				20	20.0	3.2
25	93.0	178.7—178.7				25	20.0	167.4
30	95.0	86.6—86.6				30	20.0	2.7
35	94.0	159.3—159.3				35	28.0	167.5

表 11.3 5.25 in DS-HD 软磁盘冒码测试结果

测试面：0 面

漏码			冒码			窗口偏离		
磁道号	DO% TAA	位置（角度）	磁道号	DI% TAA	位置（角度）	磁道号	窗口(%)	位置（角度）
00	82.5	123.9—123.9	00	5.0	1.8	00	12.0	3.9
10	82.5	79.2—79.2	10	5.0	5.6	10	8.0	2.2
20	52.5	64.1—64.3	20	5.0	0.6	20	24.0	64.1
30	87.5	15.6—15.6	30	7.5	114.4	30	12.0	7.3
40	87.5	137.5—138.1	40	7.5	8.6	40	16.0	96.6
50	90.0	1.6—1.6	50	7.5	28.6	50	8.0	0.1
60	90.0	57.5—57.5	60	7.5	113.7	60	12.0	118.3
70	90.0	117.3—117.7	70	7.5	5.0	70	16.0	1.7
75	90.0	13.5—13.5	75	7.5	0.8	75	16.0	2.0
76	90.0	24.3—24.3	76	7.5	1.9	76	20.0	241.3
77	90.0	10.2—10.2	77	7.5	11.5	77	16.0	0.1
78	90.0	128.4—128.4	78	10.0	316.7	78	20.0	36.8
79	80.0	226.9—226.9	79	10.0	11.8	79	20.0	45.9

表 11.4　1MB 3.5 in 软磁盘磁道质量测试结果

测试面：0 面

漏　码			冒　码			窗口偏离		
磁道号	DO% TAA	位置（角度）	磁道号	DI% TAA	位　置（角度）	磁道号	窗口(%)	位　置（角度）
00	91.0	45.8—45.8				00	4.0	0.1
10	90.0	72.5—72.5				10	4.0	3.5
20	90.0	6.4—6.4				20	4.0	0.1
30	90.0	130.3—130.3				30	8.0	3.7
40	90.0	126.4—126.4				40	12.0	10.8
50	65.0	207.0—207	50	12.5	207.1	50	16.0	5.5
60	90.0	14.1—14.1				60	20.0	3.9
70	87.5	65.9—65.9				70	28.0	121.3
75	87.5	155.5—155.5				75	32.0	3.0
76	87.5	131.0—131	76	5.0	8.5	76	32.0	12.6
77	87.5	5.3—5.4	77	5.0	26.6	77	36.0	14.0
78	85.0	132.0—132	78	5.0	41.3	78	36.0	98.8
79	87.5	173.0—173.6				79	36.0	5.9

表 11.5　2MB 3.5 in 软磁盘磁道质量测试结果

测试面：1 面

漏　码			冒　码			窗口偏离		
磁道号	DO% TAA	位置（角度）	磁道号	DI% TAA	位　置（角度）	磁道号	窗口(%)	位　置（角度）
00	10.0	142.5—142.8	00	10.0	3.5	00	LOW AMPL	
08	72.5	138.2—138.5	08	10.0	7.4	08	12.0	9.4
16	87.5	22.4—22.4	16	10.0	16.8	16	12.0	1.4
24	85.0	310.6—310.6	24	12.5	143.0	24	16.0	66.8
32	85.0	150.4—150.4	32	12.5	222.7	32	16.0	4.3
40	87.5	4.6—4.6	40	12.5	4.6	40	20.0	207.1
48	85.0	6.0—6	48	12.5	141.0	48	16.0	174.2
56	87.5	13.2—13.2	56	12.5	21.1	56	16.0	3.4
64	87.5	4.5—4.5	64	12.5	7.1	64	20.0	11.7
72	82.5	75.4—75.4	72	17.5	200.8	72	24.0	2.3

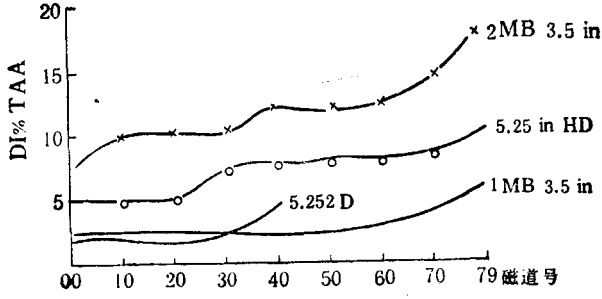


图 11.3 各种规格软磁盘的冒码电平随磁道的变化

第三节 产生冒码原因的分析

如果把软磁盘上产生的冒码加以分类，大致可以分为两种：第一种是有规律性的，这种冒码即是前面总结的规律中所出现的冒码．下面将谈到，引起这种冒码的原因和残余的剩磁有关．第二种是没有规律的，即不是按照前述规律性出现的，这种冒码与介质缺陷、介质与磁头匹配不良以及驱动器噪声等因素有关．下面我们来分析产生冒码的各种因素．

一、剩磁引起的冒码

在本章第二节中总结的冒码出现的规律性可以概括为：记录密度越高则冒码电平越高；越是靠近内磁道则出现冒码电平也越高．这样的规律是从质量正常的软盘测试结果总结出来的．

这种很有规律性地出现冒码的现象，不能用磁层中有缺陷或磁层中有强磁性磁粉团来解释．因为这种解释意味着只有在高密度软盘中或内磁道才有缺陷或强磁性磁粉团，这是说不通的．同样，以电路噪声等原因也难以正确解释．我们认为，这种有规律性地出现冒码的现象与冒码测试过程中，采用直流磁场抹除信号不彻底因而残留有剩磁有关．这种剩磁在磁头读出时会感应出一定

强度的信号，即形成了冒码。

为了证实这样的设想，我们利用 ML-2000 软磁盘分析仪的第七项功能，即“在线工程测试”(On Line Engineering Test) 进行了如下试验：

取一片 2MB 3.5 in 软磁盘，于 ML-2000 的 2MB 3.5 in 软盘驱动器上在 00 磁道和 79 磁道分别以 250 kHz 写入信号，然后以不同大小的抹电流抹除写入的信号；再以“在线工程测试”项目中的只读功能测试直流抹之后的残余信号强度。这样，我们就得出了如图 11.4 所示的抹后残余信号强度与抹电流大小的关系曲线。

从图 11.4 可以看出，随着抹电流的增加，残余信号强度逐渐减弱，但减小到一定程度（大约为 0.1—0.2mV）时，抹电流再增加残余信号强度也不再减弱。说明抹电流不能将信号抹除干净，而是有残余的剩磁。

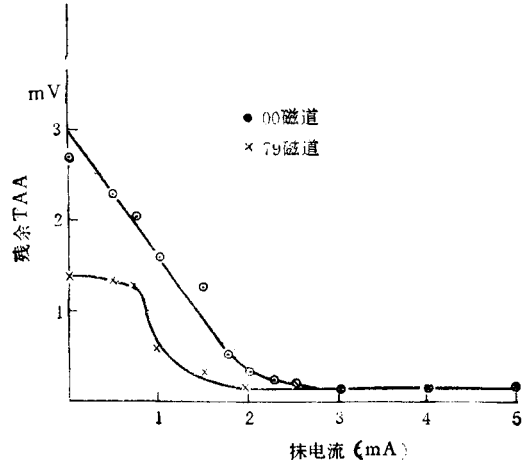


图 11.4　用直流磁场抹后磁道平均信号幅度与抹电流的关系

由于冒码的测试是先写入信号，再以直流抹除后测试残余信号强度，所以抹不干净而残余的剩磁会造成较大的冒码。图 11.5 表明了冒码电平与抹电流大小的关系，从图中可以看出，抹电流减

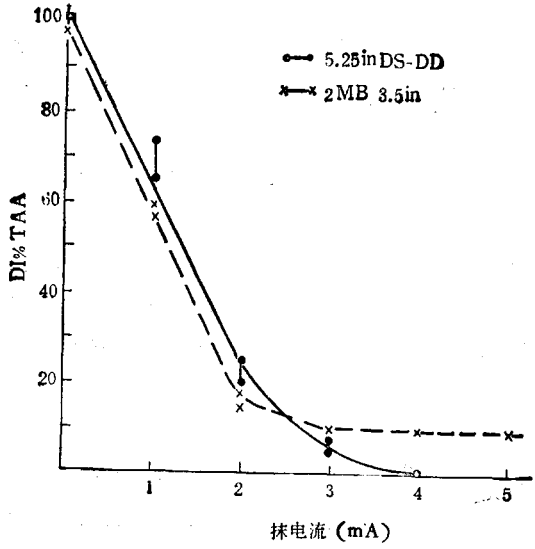


图 11.5 冒码电平与抹电流的关系

小，冒码电平随之迅速增大。

对于各种不同规格软磁盘进行的测试表明，无论是低密度或高密度的 5.25 in 或 3.5 in 软磁盘，当写入信号后以直流磁场抹除时，无论内磁道还是外磁道，总会有强度为 0.1—0.2mV 的残余信号。把这一数值除以被测磁道平均信号幅度 TAA，就得到冒码电平 DI% TAA。

在图 11.6 中给出了各种软磁盘典型的 TAA 值随磁道变化的情况。图 11.6 有如下规律：

(1) 同样尺寸的软磁盘记录密度高的 TAA 低；

(2) 同一片盘越是内磁道 TAA 越低。

从图 11.6 可以看出，倍密度 5.25 in 软磁盘 00 磁道的 TAA 最高，典型值为 8mV 左右。如果直流抹除后的残余信号强度为 0.2mV，除以 8mV 得出冒码电平为 2.5%。该盘最内磁道 (39 道) TAA 为 >4mV，那么直流抹残余信号强度为 0.2mV 时，冒码电平小于 5%。这就解释了为什么倍密度 5.25 in 软磁盘冒码电平

Retro Workshop
果粉工作室

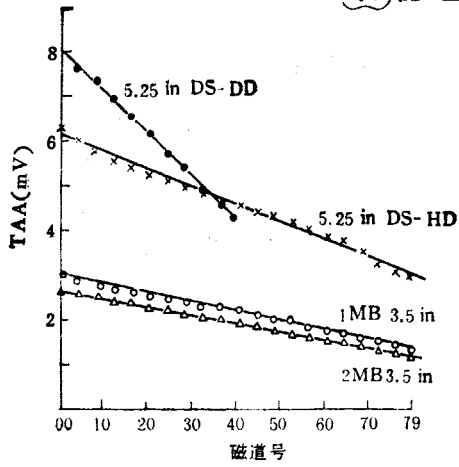


图 11.6 各种软盘 TAA 随磁道的变化

一般会低于 5%. 但是对于 2MB 3.5in 软磁盘而言,则是另一种情况: 其内磁道 (79 道) 平均信号幅度 TAA 只有 1—1.5mV, 若直流抹后残余信号强度为 0.1—0.2mV, 则冒码电平最大可达 20%, 这和观察的结果相一致. 比较图 11.5 可以很清楚地看到上述情况.

从图 11.6 还可以看出,当从外磁道向内磁道过渡时, TAA 不断减小,所以当残余信号强度不变时,冒码电平会逐渐增加. 这就说明了为什么在内磁道会经常出现幅值比较大的冒码.

二、外套和介质缺陷引起的冒码

在前面分析的剩磁引起的冒码,除了 3.5 in 软盘内磁道外,一般冒码电平较小,还远达不到软磁盘国际标准中规定的 20% 的界限.

有些冒码的出现是由于: 介质的磁性层上有严重的缺陷; 5.25 in 外套弯曲使介质不能和磁头良好地接触; 某些 3.5 in 软盘装配不良因而盘片偏摆. 由于这些原因造成的冒码往往集中在某些个别的磁道上,而且冒码电平值有时相当大,超过 ISO 的20%

的规定值，因而使盘片报废。

1. 弯曲外套造成的冒码

在表 11.6 中给出了一片倍密度 5.25 in 软磁盘在 ML-2000 第一测试功能上测试的电学参数、漏码和冒码的结果。表中 TAA (1F 和 2F)、分辨率和重写都是和基准软磁盘相应参数的比值。正常软磁盘的比值，TAA 和分辨率都在 100% 左右，重写应低于 100%。

表 11.6(a) 具有弯曲外套的 5.25 in 软盘电参数

	测试面	磁道号	基准盘相对值(%)				实际值	
			1F TAA	2F TAA	RES	OVR	+MOD (%)	−MOD (%)
第一次测试结果	0	00	12.90	8.10	58.4	335.8	38.1	24.4
	0	39	97.30	108.70	103.7		3.1	2.0
	1	00	40.00	30.10	66.8	182.0	10.6	8.6
	1	39	98.20	91.70	98.2		2.8	29.0
第二次测试结果	0	00	9.70	6.00	57.6	353.2	33.1	21.5
	0	39	97.80	109.50	104.0		3.3	2.3
	1	00	29.40	19.40	59.0	175.7	11.2	8.3
	1	39	98.60	91.70	97.9		3.3	25.4

表 11.6 (b) 具有弯曲外套 5.25 in 软盘的漏码和冒码测试结果

设定漏码门坎=60%　　设定冒码门坎=10%

	测试面	漏码			测试面	冒码		
		磁道号	DO% TAA	位置(角度)		磁道号	DI%TAA	位置(角度)
第一次试结测果	0	00	30.0	224.2	0	0	57.5	173.1
					1	0	10.0	109.1
	1	39	47.5	281.9				
第二次试结测果	0	00	7.5	6.1	0	0	70.0	0.5
					1	0	10.0	0.7
					0	1	12.5	122.7

从表 11.6 看出：由于外套弯曲使介质不能与磁头良好接触，

造成最外磁道（00 道）的 1F 和 2F TAA 以及分辨率反常低，重写、正调制和负调制反常高，两次测试都是如此．此外，在出现严重漏码的同时，在 0 面 00 道有严重的冒码，第一次测试冒码电平为 57.5% TAA；第二次测试在同一磁道出现高达 70%TAA 的冒码。

值得注意的是，有严重冒码的 0 面 00 磁道有很大的重写，第一次和第二次测试结果分别为 335.8% 和 353.2% Ref．重写测试是用 2F 信号抹 1F 信号，测试残余的 1F 信号与原有 1F TAA 之比，这和测试冒码的方法很类似，只不过后者是以直流抹除原信号．因此，当盘片受弯曲外套的影响而与磁头接触不良时，直流磁场抹除不净原信号造成大的冒码的同时，2F 频率信号也会抹不净 1F 信号造成大的重写．所以从这个意义讲，冒码和重写一样都属于噪声。

比较两次测试漏码和冒码的结果还可以看出，虽然在 0 面 00 磁道两次都出现大的冒码，但是发生冒码的位置角度并不是重复的．这说明了在两次测试的过程中，弯曲外套造成盘片偏摆的情况并不能完全重复，磁头和介质接触的情况也不会完全重复，因此两次测试产生最大冒码的电平和冒码位置也不完全一致。

当 3.5 in 软磁盘介质与金属环粘结严重不平时，在产生严重漏码的同时，也会产生很大的冒码．我们曾观察到在 0 面 00 磁道发生 DO% TAA 为 7.5%，同时发生达 97.5%TAA 的严重冒码。

这里值得注意的一个问题是，如何理解表 11.6 中高达 70% 的冒码？实际上，从表 11.6 可以看出，由于 0 面 00 磁道的 2F TAA 十分低，只有基准盘 2F TAA 的 6%；如果基准盘在这台测试仪的驱动器的 TAA 为 8mV，则被测试盘 0 面 00 磁道的 TAA 仅为 $8 \times 6\% = 0.48mV$．那么在 0 面 00 磁道处于 0.5° 角位置处的直流抹后残余信号强度为 $0.48 \times 70\% = 0.34mV$．也就是说，在这一位置上冒码电平之所以很大，是由于相对值的底数 TAA 过低，而残余信号的绝对值并不是大到难以理解。

2. 介质层缺陷引起的冒码

前面所介绍的介质不平整多是由于外套（5.25 in 软磁盘情况下）弯曲或 3.5 in 软磁盘中心环装配不良而引起的。

盘片磁层上存在有缺陷时也会引起冒码。磁层上可能有各种类型的缺陷，如涂布后的磁层烘干时溶剂迅速挥发形成气泡孔洞；粘合剂未溶解好产生胶团；未分散均匀的磁粉团块，大颗粒的非磁性夹杂物等。

对于软磁盘、磁带等涂布型数字磁记录介质的研究表明，当向磁层配方中加入颗粒度为 1 μm 的抗磨剂 Al_2O_3 时，随着 Al_2O_3 含量的增加，噪声也增加。如果介质中有 2 μm 的针孔，噪声也会变大。缺陷之所以产生噪声是由于在缺陷处形成磁荷，磁荷形成的磁场会在磁头上感应出微弱的信号，信号大到一定程度就会形成冒码(见图 11.7)。在磁浆制备过程中，如果磁粉分散不好，磁性材料的团块会使磁层局部位置留有较大的剩磁，使介质出现冒码。由于磁粉团的大小和出现的位置没有规律性，所以引起这种冒码电平的大小及位置也是没有规律性的。由于磁粉团块产生冒码的介质，在出现冒码的位置上可能并不存在大的漏码。但是，由于目前软磁盘加工工艺水平的提高，目前商业用的 3.5 in 软磁盘较少发现由于磁粉团块而产生介质冒码的情况。

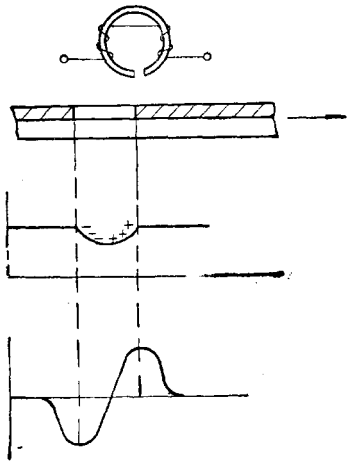


图 11.7 介质缺陷产生噪声

介质上如有机械划伤时，有可能使磁头与介质距离加大，信号

抹不干净，因此在出现漏码的同一位置上也会出现冒码．这种情况下冒码的特点是冒码位置和冒码电平的数值经多次测试，数据是重复一致的（见表 11.7 和表 11.8）．这种冒码与介质剩磁造成的冒码是不同的，即使是增加抹电流也不能减少冒码电平值（参见图 11.8）．

表 11.7　3601 号 5.25 in DS-DD 软磁盘样品机械划伤引起的冒码（32磁道）

测试面：0 面

漏　码			冒　码			窗口偏离		
磁道号	DO%	位置（角度）	磁道号	DI%	位　置（角度）	磁道号	窗口%	位　置（角度）
30	93.0	181.4—181.4				30	20.0	181.5
31	87.5	173.6—173.6				31	20.0	173.6
32	47.5	179.2—179.2	32	27.5	179.3	32	24.0	179.3
33	92.0	185.9—185.9				33	20.0	3.0
34	94.0	53.9—54.5				34	20.0	3.4
35	37.5	53.2—53.2				35	40.0	52.8
36	47.5	54.3—54.7				36	36.0	54.6

表 11.8　3601 号软磁盘重复测试结果

测试面：0 面

漏　码			冒　码		
磁道号	DO% TAA	位　置（角度）	磁道号	DI% TAA	位　置（角度）
32	47.5	179.3	32	27.5	179.3
35	37.5	53.0			
36	45.0	54.6			

测试盘 0 面第 32 磁道上有一条机械划痕，在两次测试时，在 0 面 32 磁道上均出现了 27.5% 的冒码，而且位置都在 179.3°．位置的重复性反映冒码不是由于盘片偏摆造成的，而当加大抹电流时，这一位置的冒码电平保持不变，直到抹电流达 7mA 时，DI% TAA 仍为 27.5，说明这一冒码不是剩磁造成的．相反的，相邻磁

道(31 道)在抹电流小时出现的冒码,在加大抹电流时 DI% TAA 变得接近于 2. 还要注意到:在同时出现漏码和冒码的 32 磁道上,窗口偏离值大于相邻磁道的相应值(见表 11.7).

涂布条纹是介质缺陷常见的形式. 介质有较严重的涂布条纹时,会出现严重的调制噪声,大的漏码,同时也可能出现冒码. 表 11.9 给出了有严重涂布条纹的介质的测试结果.

表 11.9 在两台驱动器上测试的有涂布条纹的 3.5 in 软磁盘

驱动器型号		SOF 52W		TE 35 FN	
调制		+MOD	−MOD	+MOD	−MOD
0 面 00 道		10.0	8.6	11.4	58.6
79 道		14.1	14.1	13.6	14.8
1 面 00 道		10.8	10.1	10.6	11.2
79 道		14.0	42.5	14.6	54.7
测试面	磁道号	DI% TAA	角度	DI% TAA	角度
0 面	00	10.0	1.8	10.0	1.7
	02	10.0	326.0	—	—
	06	10.0	123.5	—	—
	08	—	—	10.0	264.0
	11	—	—	10.0	245.8
	19	—	—	10.0	120.8
	21	—	—	10.0	203.3
测试面	磁道号	DI% TAA	角度	DI% TAA	角度
1 面	11	—	—	20.0	298.1
	13	—	—	17.5	68.3
	14	—	—	27.5	275.1
	15	—	—	15.0	12.3
	22	—	—	97.5	5.9

从表中测试可以看出采用不同的驱动器测试,结果相差很大. 例如:用 TE 35FN 型 1MB 3.5 in 驱动器测试时会出现比 SOF 52W 驱动器更大的调制,更多的冒码,而且 DI% TAA 值也较高. 这充分说明了选择驱动器的重要性.

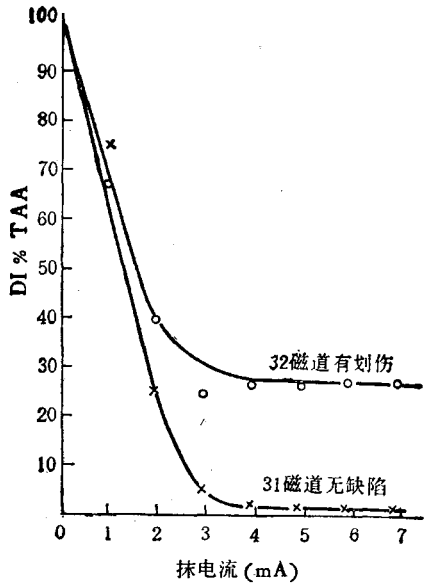


图 11.8　介质缺陷引起的冒码电平与抹电流的关系

三、驱动器噪声引起的冒码

驱动器的噪声也是引起冒码的重要因素之一，对于高密度软磁盘的测试来说，驱动器的噪声尤其应当重视.我们这里所说的驱动器噪声包含两方面的内容：一个是电路产生的噪声，一个是磁头与介质不匹配，接触时好时坏而引起的噪声.

驱动器噪声引起冒码有下述特点：

(1) 冒码出现的磁道及在磁道上的位置（角度），在同一台驱动器上多次测试是不重复的；

(2) 同一软磁盘在不同驱动器上测试，冒码的位置和冒码电平值不一致，有时冒码的个数也是有差别的.

表 11.10 给出了同一台驱动器的两次测试结果，可以看出冒码的大小和出现的角度两次测试结果不一致.

在表 11.11 中我们列出了一片有许多漏码和冒码的 1MB3.5in

表 11.10　2MB 3.5 in 软磁盘在 ML-2000 3# 驱动器上冒码测试

	磁道号	DO% TAA	角　度	磁道号	DI% TAA	角　度
第一次测试结果	70	85.0	100.0—100	70	12.5	11.3
	71	85.0	226.6—226.6	71	12.5	23.6
	72	87.5	5.0—5	72	12.5	30.2
	73	87.5	51.6—51.6	73	12.5	1.4
	74	85.0	220.3—220.3	74	15.0	282.2
	75	77.5	43.5—43.5	75	15.0	255.1
	76	87.5	18.9—18.9	76	12.5	3.4
	77	85.0	226.2—226.2	77	12.5	9.2
	78	87.5	0.5—0.5	78	12.5	21.0
	79	85.0	226.4—226.4	79	12.5	1.1
第二次测试结果	70	85.0	52.6—52.6	70	15.0	26.7
	71	85.0	226.7—226.7	71	12.5	41.7
	72	85.0	5.4—5.4	72	12.5	9.4
	73	87.5	21.8—21.8	73	12.5	1.7
	74	87.5	13.6—13.6	74	12.5	1.6
	75	77.5	43.5—43.5	75	12.5	3.4
	76	85.0	226.5—226.5	76	15.0	154.3
	77	85.0	176.6—176.6	77	12.5	4.4
	78	87.5	31.7—31.7	78	15.0	220.5
	79	85.0	124.1—124.1	79	15.0	332.9

软磁盘在三台不同驱动器上的测试结果。测试表明，漏码个数及大小是重复的，但冒码个数相差很大。此外用表中相对应的调制噪声来分析，可以看出一个规律性：介质在某台驱动器上冒码多时调制噪声本身就大。同一片软磁盘在 7 号驱动器正、负调制都大，冒码出现的个数最多；在 5 号驱动器测得的结果次之；而在 6 号驱动器出现的冒码个数最少，而调制噪声也最小。我们知道，调制的大小反映了输出信号幅度的均匀性，而在介质不改变的情况下调制数值出现差异反映了各驱动器磁头与介质接触状况不一致，说明噪声是由驱动器产生的。在给出调制数值大的驱动器上冒码多且 DI% TAA 值大说明了冒码和调制一样，是一种噪声。

表 11.11　1MB 3.5 in 软磁盘在三台驱动器上测试结果

驱动器号		5#		6#		7#	
面	磁道	+MOD	−MOD	+MOD	−MOD	+MOD	−MOD
0	00	4.1	24.9	3.3	4.7	5.1	10.4
0	79	3.5	2.0	2.3	0.6	2.7	5.7
1	00	2.0	1.0	3.6	2.7	5.8	8.8
1	79	2.6	6.4	3.3	3.8	4.8	14.1
DO%<45%的漏码个数		32		32		33	
DI%>10%的冒码个数		27		16		40	
最大 DI%		97.5		17.5		97.5	
面	磁道	DI%TAA	位置(角度)	DI%TAA	位置(角度)	DI%TAA	位置(角度)
1	09	97.5	5.0	0		0	
0	11	0		0		15.0	59.6
0	12	12.5	58.7	12.5	58.8	25.0	59.5
0	14	17.5	58.7	17.5	58.8	27.5	59.5
0	15	15.0	58.7	15.0	58.8	22.5	59.5
0	16	0		0		97.5	2.9

注：(1) 限于篇幅，冒码只列举了 6 个，其余均未列.
(2) 在 0 面 12,14,15 磁道的同一位置 (58.7° 左右)均有严重漏码.

在表 11.11 中我们还可以发现有些冒码在三台驱动器上都出现，而且位置角度相同，因此我们可以判断出此位置出现的冒码是介质缺陷引起的. 而在 5 号驱动器和 7 号驱动器上都有一个幅值为 97.5% TAA 的冒码，但相应的测试结果没在其它驱动器上出现，因此可以设想这个冒码分别是由于电路噪声引起的.

我们在前面讨论过，在高密度 3.5 in 软磁盘的内磁道经常出现冒码. 由于抹不掉剩磁引起冒码值在 10% 左右，但在实测中冒码电平却在 12.5—15 左右(表11.10)，可以说冒码电平的增值部分是由驱动器噪声引起的. 同一片盘片换到另一台驱动器上测试的冒码电平更大，在 79 磁道上冒码电平达20%，超出了标准允许值.

我们还可以用绘制曲线的方法来说明驱动器噪声对冒码电平

的影响. 图 11.9 为 1MB 3.5 in 软磁盘和 2MB 3.5 in 软磁盘分别在两台不同的驱动器上测试冒码电平的结果.

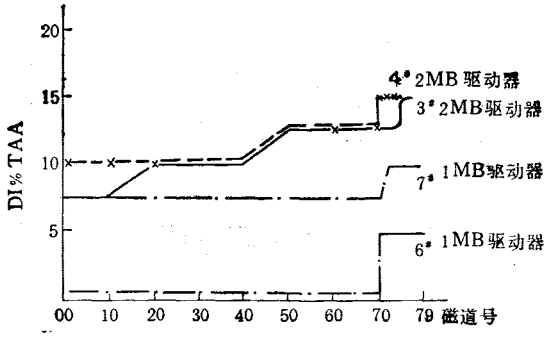


图 11.9 驱动器噪声对 3.5 in 软磁盘冒码的影响

在测试过程中我们发现，有的驱动器在某一角度位置容易出现噪声，从而产生较大的冒码. 因此我们必须对驱动器固有的噪声要做到心中有数，这样才能准确判断被检测介质是否有质量问题.

第四节 关于冒码分析的小结

通过对大量软磁盘的测试和对测试结果的分析，我们可以得出如下几点结论:

(1) 软磁盘上存在的冒码,就其实质而言和重写、调制一样，属于噪声. 这种噪声的存在会导致时钟窗口偏离的加大，造成读出数据的错误;

(2) 冒码的存在往往不是孤立的质量问题,而经常与漏码,大的调制和重写,低信号输出幅度等因素有联系;

(3) 产生冒码的原因有多种因素,介质剩磁不能抹除,介质上存在缺陷，磁头与介质匹配不良以及驱动器电路噪声等都会产生冒码. 测试的冒码结果是几种因素引起冒码的叠加. 我们将各因

素分解一下就可以得出图 11.10 的曲线。

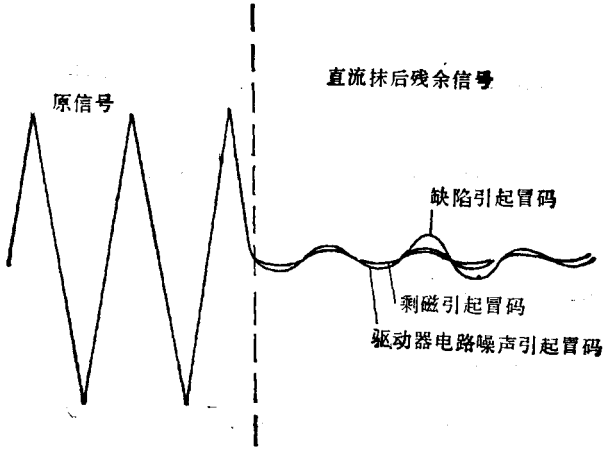


图 11.10 几种因素引起的冒码叠加

(4) 随着记录密度的提高，输出信号幅度下降，抹不掉的信号与输出信号的比值相应变大，这种情况对 2MB 3.5 in 软磁盘尤为严重．在测试中我们发现 2MB 3.5 in 软磁盘内磁道的冒码有可能接近 ISO 标准规定值。

为了减少冒码错误，提高产品质量，并且避免在测试中误判，应注意减少磁层缺陷，提高盘片平整度，认真选择测试驱动器．此外，应学会区分各种因素造成的冒码。

第十二章　软磁盘质量保证体系

第一节　质量保证体系的建立

大家知道，产品质量是产品的生命线．软磁盘产品的质量会直接影响软磁盘的可靠性与寿命．对于我国软磁盘生产厂家而言，提高产品质量的重要性还在于，我们的产品无论是在国内销售还是在国外销售，都面临着国外名牌产品的激烈竞争．

深圳华源磁电有限公司从 1987 年开始筹建，生产 5.25 in 软磁盘，至今已整三年时间，软磁盘的产品逐步扩大，产品品种也不断增加，1988 年开始生产 3.5 in 产品．1989 年各种软磁盘总产量达 2 000 万片，1990 年产量可以达到近 3 000 万片．

在扩大产量的同时，我们下大力气提高产品质量，提高产品合格率，降低原材料消耗．由于产品质量有了显著提高，所以国内外市场逐步扩大，从开始主要生产无商标产品，到给国外著名厂家 OEM 加工．我们取得的进展是由于我们进行了全面质量管理，建立健全了一个比较完整的质量保证体系的结果．我们的做法是：

（1）公司领导重视产品质量，把提高产品质量的工作列为各项工作的首位来抓．总工程师直接负责产品质量；

（2）建立了质量部，抽调有生产经验，技术素质高，责任心强的人员充实质量部．生产部与质量部在产品质量控制和检验上有明确职责分工．目前质量检验人员与直接生产人员之比接近 1:1；

（3）建立了从原材料采购，入厂检验，半成品，成品，包装，入库，发货等一整套的质量标准和检验制度．这些标准尽量采用国际通用的标准；

（4）每一关键工序都要进行质量检验，不合格的半成品不流入下一道工序．质量部有权决定原材料是否进厂，成品能否入库；

(5) 增添必要的测试设备，产品100%检验。购买著名厂家的分析测试仪器，测试设备均用国际公认的 PTB 基准盘进行校准；

(6) 除严格质量控制外，开展质量分析工作。针对生产过程中存在的主要质量问题，技术问题，对原材料、半成品和产品进行深入细致的技术分析。例如，我们从理论上和工艺上解决了 5.25 in 软磁盘 00 磁道不合格的问题，分析了影响 3.5 in 软磁盘成品率的各种因素。为开展质量分析工作，我们购置了 ML-2000 介质/磁头评价系统和机电部三十三所开发的 FDA 软磁盘分析仪；

(7) 制定合理的工艺流程；

(8) 在技术部的领导下，加强设备维护，使生产设备和测试设备经常保持完好状态。生产线上配有多名工程技术人员负责设备维护，专职工程技术人员负责测试仪维护，维修人员跟随生产倒班；

(9) 进行售后服务，做用户访问，虚心听取用户意见。用户是最好的产品质量检验员，产品的质量问题往往是用户发现的。公司销售部门将用户意见反馈给总工程师和生产部门之后，总工程师和生产部经理立即组织人员研究，提出解决措施，改进工艺条件，即：进行从设计到生产到用户，再反回去修改设计的循环；

(10) 把全面质量管理的观念贯彻到全公司，开展“质量第一”，“质量是公司生命线”的教育。建立“质量奖”，在质量问题上奖惩分明；

(11) 定期对质检人员和生产工人进行技术培训，提高质量检验人员的业务水平。

质量部和生产部是两个相互协助、配合又相互对立的部门。质量部严格把紧原材料进厂的关口，对保证产品质量和提高产品合格率起很关键的作用。质量部进行质量分析，可以协助生产部找出生产中出现质量问题的原因；而质量部严格把住最终产品的质量关，有权决定产品能否入库，是否需要返工，在这一点上质量检查部门与生产部又是呈对立关系。没有这种对立，则会使大量废

品出厂，影响公司声誉；没有质量部的质量分析工作，成品率和质量都难以提高。

第二节　生产过程中的质量控制

质量控制绝不是单纯检验成品，应该从原材料采购开始，材料进厂，半成品，成品，包装，发货等一系列过程都要进行质量和数量的检验。

一、华源磁电有限公司的质量控制流程

表 12.1 给出了深圳华源磁电有限公司在生产 5.25 in 软磁盘过程中的质量控制流程。

表 12.1　5.25 in 软磁盘生产过程中的质量控制流程

工艺流程	测试项目	检验方法	质检部门
1.原材料进厂			
PVC 硬片	(1) 表面电阻率		质量部
	(2) 厚度		质量部
	(3) 耐温特性		质量部
无纺布	(1) 厚度		质量部
	(2) 电特性		质量部
盘片	(1) 电特性		质量部
	(2) 合格率		质量部
	(3) 外观		质量部
2.PVC+无纺布			
层合	(1) 冲孔露毛	抽检	生产部
	(2) 外观	抽检	生产部
	(3) 平直度	抽测	生产部
3.初折	(1) 尺寸	定时抽测	生产部
	(2) 电特性	定时抽测	生产部
	(3) 牢度	定时抽测	生产部
	(4) 外观	定时抽测	生产部

续表 12.1

工艺流程	测试项目	检验方法	质检部门
4.抛光入套	(1) 外观	定时抽测	生产部
	(2) 合格率	定时抽测	生产部
	(3) 抛光试验	定时抽测	生产部
5.终折	(1) 牢度	定时抽测	生产部
	(2) 转矩	定时抽测	生产部
	(3) 尺寸	定时抽测	生产部
	(4) 外观	定时抽测	生产部
6.上加固环	(1) 外观		生产部
7.产品电性能检验	(1) 漏码	100% 测	生产部
	(2) 冒码	100% 测	生产部
	(3) 其它电参数	抽测	生产部
8.产品目检	(1) 外观	100% 测	生产部
	(2) 品种有无差错	100% 测	生产部
9.抽检	(1) 漏码 (2) 冒码 (3) 电参数 (4) 格式化 (5) 尺寸 (6) 转矩 (7) 外观	MIL 105D 抽样法	质量部
10.包装	(1) 外观 (2) 数量 (3) 品种		质量部
11.入库	(1) 品种		
12.发货	(1) 品种 (2) 数量		市场部 质量部

二、原材料的采购和进厂检验

如上所述，原材料的选择对于最终产品质量的影响至关重要.

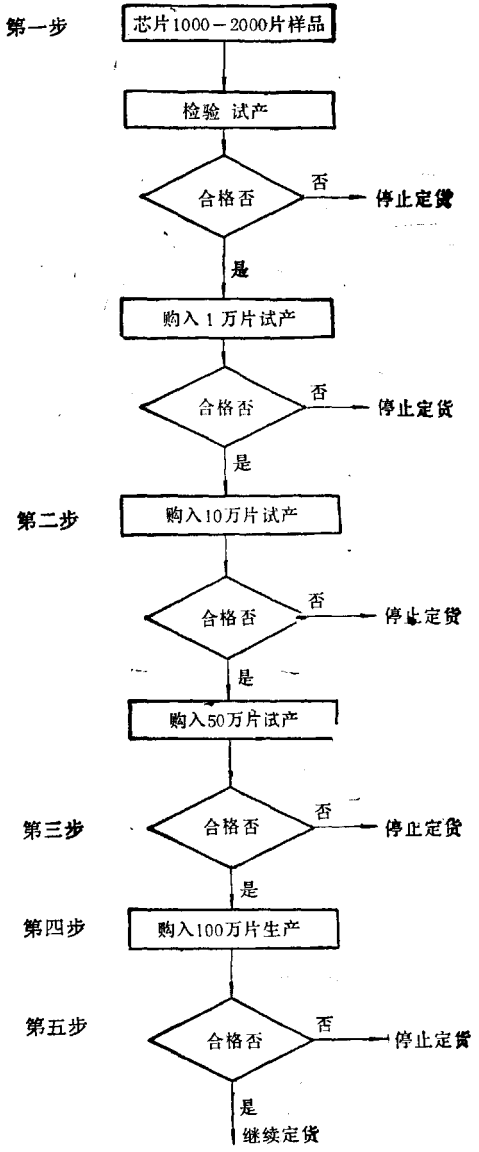


图 12.1　盘片采购检验流程

注：凡遇检验不合格停止定货时，需返回第一步重新开始购入盘片的检验。

表 12.2　3.5 in 产品质量抽测报告

批号 3D7 批量 9000 等级 6MNAAO			品种 3.5 容量 1MB 检验 (签名) 日期 1990.3.5
外观检查总测试片数		200	检验内容
严重缺陷	片数	0 片	(任何缺件,多件,芯片种类混)
	占百分比	0.0%	(盘片严重弯曲,盘片不转动)
	允许限度	0%	(外壳破裂　外壳有缺陷)
			(快门印刷内容不对)
中度缺陷	片数	0 片	(焊点不牢　四边裂缝过大)
	占百分数	0.0%	(上、下壳颜色不同　读写窗口露毛)
	允许限度	<3%	(写保护关闭　快门开关不畅)
轻度缺陷	片数	11 片	(外壳快门划伤✓　外壳油污、指印)
	占百分数	5.5%	(快门起角✓　四周露无纺布毛)
	允许限度	<10%	(过焊　HD 盘缺 HD 印号)
电参数测试总测试片数		200 片	产品等级　*

	一　等	二　等	三　等
第一次各档次数量	185	9	6
各档百分比(%)	92.5	4.5	3.0
第二次插入测试			
二等品再测数量	6	3	0
占百分比(%)	3.0	1.5	0
三等品再测数量	4	2	0
占百分比(%)	2.0	1.0	0
总统计结果: 数量	195	5	0
百分比(%)	97.5	2.5	0.0

产品处理意见

接收　✓　　拒收

理由

建议

签字

注: 一等品: DO% TAA>60, DI% TAA<20; 二等品: DO% TAA>45%, DI% TAA<20,为符合 ISO 标准产品;三等品为拒收品.

因此要十分重视原材料的选择．目前华源磁电有限公司的生产是从外购盘片开始的．我们就以盘片原材料为例，介绍原材料的采购和质量检验方法．

图 12.1 为盘片流程．

三、生产过程中的质量控制

表 12.1 给出了以 5.25 in 软磁盘生产为例的产品检验程序．

表 12.2 以 3.5 in 软磁盘产品的抽测为例，列出了抽测检验报告的实例．

第三节　产品质量分析和废品产生的原因分析

一、对产品进行质量分析

对软磁盘进行质量分析或评价有许多种方法．例如，测量其电学参数，磁道质量，耐磨寿命，检查外形尺寸，外观，温度稳定性指标等．我们曾利用信号幅度包络线和信号梯度曲线来测试软磁盘的特性，并且分析了 5.25 in 软磁盘 00 磁道不合格的原因，并且对于 2MB 3.5 in 软磁盘产生冒码的原因进行了分析．这些带有专题性质的研究，是质量分析的重要组成部分，对于改进产品质量，提高产品的可靠性和成品率起了重要的作用．

这里我们举一实例，来说明我们如何进行此项工作的：

我们在生产中利用分析产品漏码电平分布（Missing Bit Distribution）来评价产品质量．这种方法是美国一家生产软磁盘生产设备的公司 Memcon Engineering 提出来的．我们具体实验方法如下：

取生产线中 1MB 3.5 in 软磁盘一等品（漏码门坎 60%，冒码门坎 20%）100 片，在 ML-3100 测试仪上进行测试（ML-3100 具有任意设置漏码和冒码门坎的功能），测试不同漏码门坎下这批样品的比例．测试结果见表 12.3．

表中数据可以看出，测试的一等品中 86% 的产品的漏码门坎

在70%以上．只有5%少量样品漏码门坎低于60%（一等品门坎），但经重复测试，都可通过60%门坎，说明出现的漏码是因为灰尘引起的软错误．

表12.3 1MB 3.5 in 软磁盘一等品漏码分布试验

漏码门坎	80—100%	70—79%	60—69%	50—59%	45—49%
ML-3100 上一次通过片数	53	33	9	1	4

分析结果表明，我们采用60/20门坎选定的一等品做ACT牌软盘，可以保证产品质量的可靠性．

二、对废品产生原因的分析

在生产中不仅要评估成品的质量，还注重分析废品产生的原因．因为只有把产生废品的原因分析清楚，才能有针对性地提出改进措施，提高质量，提高成品率．

我们通常采用如下方法分析废品产生的原因：取不同时期生产的不合格品100片，经ML-3100分出由于软错误造成不合格的样品．然后将其余软磁盘打开，进行目测，挑出由于介质缺陷（如缺少磁层，表面突起，机械划伤等）引起的废品．再分析剩余样品不合格的原因．经分析，一般引起不合格的原因有：

（1）原材料缺陷；
（2）暂时性漏码；
（3）抛光效果不良；
（4）金属环上得不正，不平；
（5）终焊工艺不良；
（6）双片或缺介质；
（7）其它．

要根据多次分析结果进行统计分析，找出引起不合格品的主要原因，然后反馈到生产线中进行质量控制．

第四节　结 束 语

在软磁盘生产过程中，生产出几批高质量产品并不太困难，困难的是如何经常保持产品质量不出现问题。产量较小的情况下保证产品质量和月产上百万片的大规模生产的质量保证两者相比较，质量管理工作的难易程度相差很大。

华源磁电有限公司几年的工作经验是，建立一个强有力的质量保证体系，进行全面质量管理，对于从原材料进厂直至产品出厂的每一环节出现的质量问题都要认真分析研究，不断改进生产工艺，才能保证产品质量，不断提高产品质量。

此外，售后服务工作也是不可忽视的一环，接受用户意见，发现质量问题，解决问题，提高产品质量。这是提高公司信誉不可忽视的重要环节。

关于附录的说明

对于软磁盘用户、生产开发和质检人员来说，了解软磁盘的分类方法、使用、保存和运输注意事项以及常见的故障都是很重要的，因此我们专门介绍了有关知识，放在附录一至四中.

此外，我们在第八章中曾综合介绍了软磁盘的国际标准的主要要求和各项参数的意义. 鉴于软磁盘国际标准对于软磁盘的测试十分重要，所以把国际标准的详细规定原原本本地介绍给大家也是很有必要的. (ISO、ANSI 和 ECMA 提出了多种规格软磁盘的标准，限于篇幅，我们只选择了有代表性的两个软磁盘的国际标准列在附录中.

在附录五给出了高密度 5.25 in 软磁盘的 ISO 标准，在附录六给出了日本东芝公司起草的 4MB 3.5 in 软磁盘标准草案. 由于同一尺寸、不同容量的软磁盘的国际标准，在尺寸、物理特性、测试环境要求、测试程序等许多内容基本上是一致的，主要差别只是在写信号频率和道密度上，从以上两个标准可分别看出其它规格的 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘测试标准的大体内容来，所以只介绍上述两个标准，对于大多数读者已经够用了.

垂直记录 4MB 3.5 in 软磁盘的标准中的内容，和 1MB 和 2MB 3.5 in 软磁盘标准中的内容，主要差别是前者测试易抹性，而后者测试重写. 当然，记录频率也是不同的. 而其它如尺寸等并无区别. 因此，介绍 4MB 软磁盘的标准，既反映了其它 3.5 in 软磁盘标准的主要内容，也可看出 4MB 垂直记录软磁盘的特殊要求.

附录一 软磁盘的分类

随着软磁盘的发展，软磁盘的种类、规格日益增多，同一种规格的软磁盘往往人们的叫法各异，名称比较混乱。经常遇到软磁盘的用户、销售人员和生产人员弄混的情况。为了正确地区别各种规格的软磁盘，现将软磁盘的分类及名称系统地介绍于下。

一、按尺寸分类

目前市场上的软磁盘主要有以下几种尺寸：

(1) 8 in;

(2) 5.25 in，这种尺寸的软磁盘国外称为 Mini Floppy Disk，即小型软磁盘；

(3) 3.5 in 及包括 3.5 in 在内的所有小于 4in 的软磁盘，均可称为 Micro Floppy Disk，微型软磁盘，简写为 MFD。

顺便提及的是，所有上述各种尺寸的软磁盘均可称为 Diskette，意思是小磁盘，因为相对于早期直径为 14 in 的硬磁盘来说，8in 软磁盘也是小磁盘。

二、按记录面分类

(1) 单面软磁盘 (Single Side)。一个面记录，另一个面不记录的软磁盘。单面盘是在 0 面记录，目前单面盘已很少应用；

(2) 双面软磁盘 (Double Side)。目前绝大多数软磁盘为双面盘，有两个记录面，0 面和 1 面。贴有标签的面为 1 面，有折边的面为 0 面。3.5 in 软磁盘贴标签面为 1 面，有金属环的面为 0 面。

三、按记录密度分类

(1) 按位密度 (bit density) 分类，可分为：

单密度 (single density，简写 SD)；

倍密度 (double ensity，简写 DD)；

高密度 (high density，简写 HD)。

(2) 按磁道密度分类 (track density)：

8 in 软磁盘只有 48tpi 一种。

5.25 in 软磁盘中单密度和倍密度盘为 48 tpi，每面有 40 个磁道；但也有 96 tpi 的盘，称为倍道密度(double track density)。这种软磁盘每面有 80 个磁道。高密度 5.25in 软磁盘道密度是 96 tpi，每面 80 磁道。

3.5 in 软磁盘的道密度为 135 tpi。

我们把以上分类综合起来：

单面单密度：SS-SD；

双面倍密度：DS-DD；

双面倍密度倍道密度：DS-2DD；

双面高密度：DS-HD。

四、按存储容量分类

在区分以存储容量分类的软磁盘时，要注意的是按非格式化容量还是按格式化容量分类。

早期的单面单密度 8 in 软磁盘非格式化容量为 400KB。单面倍密度8 in软磁盘非格式化容量增加一倍，为 800KB。双面倍密度 8 in 软磁盘的非格式化容量再增加一倍，为 1 600KB(1.6MB)。

后来发展的 5.25 in 软磁盘单面单密度非格式化容量为 125 KB。和上述 8 in 软磁盘一样，5.25 in 软磁盘也成倍地提高容量从而向高容量发展。双面倍密度 5.25 in 软磁盘的非格式化容量达 500KB。附表 1.1 综合了各种软磁盘的容量。

这两种规格的软磁盘的发展带来了一个问题：由于 8 in 软磁盘驱动器转速为 360r/min，而 5.25 in 软磁盘驱动器转速为 300r/min，两者转速不同，数据传输率不同，加上两种盘容量不一样，因此两者没有兼容性。在 8 in 软磁盘上的文件不能交换到

5.25 in 软磁盘上去。

非格式化容量为 1.6MB、格式化容量为 1.2MB 的高密度 5.25 in 软磁盘和 8 in 双面倍密度软磁盘的容量相同，驱动器转速都为 360r/min，这样就做到了 5.25 in HD 软磁盘与 8 in 双面倍密度软磁盘有兼容性。从而使已存储的大量软件和文件就可以从 8 in 双面倍密度盘上转存到 5.25 in 高密度盘上去。

附表 1.1 几种主要规格的软磁盘容量（单位：KB）

规格	8 in		5.25 in		3.5 in	
	C_U	C_F	C_U	C_F	C_U	C_F
SS-SD	400	243	125	81		
SS-DD	800	468	250	162		
DS-DD	1 600	1 212	500	360		
DS-2DD			1 000	720	1 000	720
DS-HD			1 600	1 200	1 600	1 200
					2 000	1 400

注：C_U 为非格式化容量.
C_F 为格式化容量.

同样的问题也出现在 3.5 in 软磁盘上.目前常用的所谓 1MB 和 2MB 3.5 in 软磁盘指的是非格式化容量，他们的格式化容量分别为 720KB 和 1 440KB (1.44MB)。这一种容量系列和 5.25 in 软磁盘的容量系列是一致的，驱动器转速为 300r/min，因而两者有兼容性。但又出现了无法与 8 in 软磁盘(同时也无法与 5.25 HD 软磁盘)兼容问题。从而又发展出了非格式化容量为 1.6MB，格式化容量为 1.2MB 的 3.5 in 软磁盘来解决上述问题。

从以上讨论的内容我们可以看到，尽管 8in 软磁盘今天已很少有人使用，但由于小尺寸的 5.25 in 和 3.5 in 软磁盘的记录格式、存储容量均与 8 in 软盘相对应，因此其影响依然存在。为全面了解软磁盘的性能指标，对于各种尺寸软磁盘的规格都应有所掌握。对于微型机用户来说，一定要弄清楚自己使用的软磁盘的非格式化容量和格式化容量是多少，不要弄混淆。

五、习惯表示法

附表 1.1 所示的软磁盘的简写表示方法是 3M 公司首先采用的，这种表示方法的优点在于简便．但是由于只表示了记录面和记录密度，没有表示软磁盘的尺寸．所以近来人们在 3M 公司表示法的基础上加以改进，表示方法如下：

(1) 尺寸分类表示

FD 为 8 in 软磁盘；

MD 为 5.25 in 软磁盘；

MF 为 3.5 in 软磁盘．

(2) 记录密度分类表示

单密度为 S；

倍密度为 D；

高密度为 H．

(3) 记录面分类表示

分别以 1 和 2 表示单面和双面．

(4) 道密度表示

48 tpi 软磁盘援用原表示法，如果是倍道密度软磁盘，则多加一个D．例如：MD 2D 表示 5.25in 双面倍密度 48tpi 软磁盘．MD2DD 表示 5.25in 双面倍密度倍道密度 96tpi 软磁盘．软磁盘规格的习惯表示法综合列于附表 1.2．

附表 1.2 软磁盘规格的习惯表示法

习惯表示	代 表 意 义	非格式化容量
FD 1S	8 in 单面单密度 48 tpi	400KB
FD 2D	8 in 双面倍密度 48 tpi	1 600KB
MD 2D	5.25 in 双面倍密度 48 tpi	500KB
MD 2DD	5.25 in 双面倍密度 96 tpi	1 000KB
MD 2HD	5.25 in 双面高密度 96 tpi	1 600KB
MF 2DD	3.5 in 双面倍密度 135 tpi	1 000KB
MF 2HD	3.5 in 双面高密度 135 tpi	2 000KB

六、特殊用途的软磁盘

除了我们最常用的存储文件的软磁盘之外，还有一些特殊用途的软磁盘

1. 基准软磁盘

是用来校准软磁盘测试仪，确定基准磁场和测试记录电流用的标准软磁盘，并作为软磁盘信号幅度，分辨率以及重写噪声的基准．一级基准软磁盘（基准母盘）存放在联邦德国技术物理研究所（PTB），我们可以从 PTB 买到二级基准软磁盘。

(PTB 地址 Bundesallee 100
Postfach 3345 3300
Braunschweig, FRG)

2. 清洗磁头用软盘

这种盘是用来清洁驱动器磁头用的．其外形结构与尺寸规格都与数据交换用的软磁盘相同，但与磁头接触的介质是用硬质无纺布或粘有细磨料的薄塑料做成．定期清洗磁头可大大减少驱动器造成的读写错误，保证数据读写可靠性。

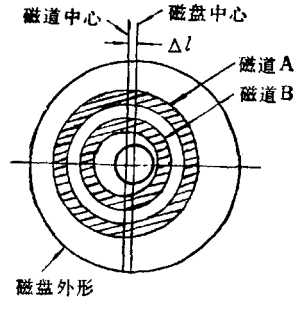
3. CE 盘 (Customer Engineer Disk)

这种软磁盘是用来校准驱动器磁头位置和方位角的．CE 盘上记有模拟磁头定位信号，定位信号与盘片中心偏开一个距离(见附图 1.1)。

把 CE 盘插入驱动器中，驱动器磁头在 CE 盘上读出信号，读出信号波形呈 8 字形．如果驱动器磁头位置正好处于基准位置，8 字波形对称，如附图 1.2(a) 所示。

8 in 的 CE 盘磁头定位信号写在第 38 磁道（或 40 磁道）上．每面 40 磁道的 5.25 in CE 盘磁头定位信号写在第 16 磁道(或第 20 磁道)．每面 80 磁道的 5.25 in CE 盘和 3.5 in CE 盘定位

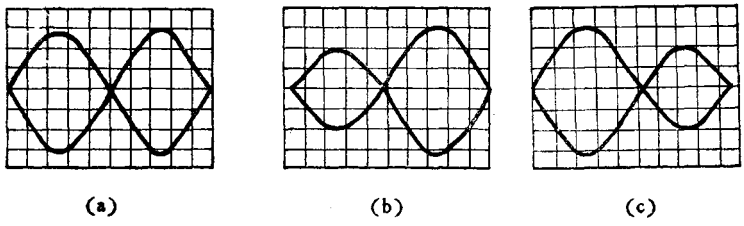
信号写在第 32 磁道（或第 40 磁道）上．当用 CE 盘校准驱动器磁头位置时，如果读出波形呈附图 1.2(b) 所示波形，表示所测驱动器磁头位置偏向外侧．如果呈现附图 1.2(c) 所示波形，表示所测驱动器磁头向内侧偏．



附图 1.1　CE 盘构造

国外 Dysan, BASF, Dymek 等公司均可提供 CE 盘，国内广东电子科学研究所和湖南怀化建南机械厂也可提供 CE 盘．

CE 盘是软磁盘驱动器和磁头制造厂家所必备的校准盘，也是软磁盘测试仪维修时必备的校准盘．有些微型计算机使用年久，驱动器磁头位置发生变化，也应该用 CE 盘校准．否则在其它微机上写的软件或文件，在磁头错位的驱动器上会因磁头偏差而找不到正确的磁道位置，从而在读信息时发生错误．



附图 1.2　CE 盘校准驱动器时显示的波形

(a) 磁头位置正确　(b) 磁头偏向磁道外侧　(c) 磁头偏向磁道内侧

附录二　软磁盘选用注意事项

目前市场上软磁盘的种类日益增多，进口产品、国产产品，优质产品和劣质产品难以分辨．如果选择不当会造成损失．下面我们提出一些选用注意事项供软磁盘用户参考．

一、规格的选定

用户要根据自己使用的计算机所配置的驱动器规格（容量，位密度，道密度，尺寸）来确定自己应该选购的软磁盘种类．我们遇到过这样的情况：用户反映全部软磁盘不能使用，但经我们检查发现是用户选错了品种．

根据用户使用的微机种类，可以提出以下简单的参考原则．

（1）IBM PC-XT 及其兼容机使用 5.25 in 双面倍密度软磁盘，即 48 tpi 的品种，如果买 96tpi 高密度品种，则在某些情况下不能使用；

（2）IBM PC-AT 及其兼容机通常配置有一台格式化容量为 1.2MB，96 tpi 的 5.25 in 高密度软盘驱动器和一台格式化容量为 360KB，48 tpi 的 5.25 in 双面倍密度软磁盘驱动器，因此用户选购磁盘和使用时必须注意这一点．使用中的判别请注意，倍密度软磁盘（MD-2D）的中心孔处贴有加固环，而高密度盘（MD-2HD）的中心孔一般没有加固环；

（3）有些计算机，如加拿大 STM 微型机使用的是 96 tpi，格式化容量为 720KB 的双面倍道密度的软磁盘（MD-2DD），这种磁盘的矫顽力为 300Oe，是从倍密度盘中优选出来的．所以这种微型机可以选优质 48 tpi 的 5.25 in 倍密度盘代用，但是不能用 96 tpi 的 5.25 in 高密度盘．也就是说，同样都是 96 tpi，但不能混用；

(4) 1MB 3.5 in 软磁盘和 2MB 3.5 in 软磁盘的区别在于，2MB 3.5 in 软磁盘外套上多一个定位孔。

二、外观检查

一般计算机用户都不具备测试软磁盘的条件，因此，从简单的外观检查着手可以在一定程度上起到质量保证的作用。

(1) 检查磁盘的外包装纸盒或塑料盒，观察是否完好，有无受挤压的情况，包装的塑料纸是否有破损，有破损则有可能受过潮；

(2) 软磁盘外的纸套有两种材料，一种是纸做的，一种是抗静电 PVC 材料做的。前一种由于积累静电容易吸尘而产生暂时性错误；

(3) 软磁盘的外套质量对软磁盘性能影响很大。挑选软磁盘时要求外套平直，无弯曲和鼓肚现象；

(4) 用手指卡住中心孔，轻轻转动盘片，从磁头窗口观察记录区域表面，表面应光洁，均匀，无划伤，无机械损伤，无指纹、油污及霉点等。盘片转动应灵活；

(5) 检查轴孔，磁头窗口，索引孔边缘是否冲裁整齐，衬里无纺布纤维毛不应外露。

三、格式化检查

将磁盘插入驱动器，双面倍密度 5.25 in 软磁盘放入 PC-XT 及其兼容机上进行格式化，应无坏磁道和坏扇区，容量应达 360KB。高密度 5.25 in 软磁盘则放在 PC-AT 及其兼容机上格式化，容量应达到 1.2 MB。1 MB 和 2 MB 3.5 in 软磁盘分别放在相应驱动器上进行格式化，容量应分别达 720 KB 和 1.44 MB。

四、电性能检查

大量购买软磁盘时，应按抽样标准和规定对磁盘进行检测，即使是 100% 测试过的软磁盘，个别产品质量上的缺陷也难以避免。

可允许的拒收产品比例由买卖双方协商而定．没有条件测试的用户，如准备购入批量较大的产品时可委托制造厂家或软磁盘检测中心来抽样测试．

五、简易的使用寿命检查

用户抽选买来的软磁盘在微机上使用几小时后，目测介质表面有无划痕等损坏的迹象，来验证软磁盘的耐磨性能．

通常良好质量的软磁盘，每条磁道可通过 300 万次以上的检查，相当于 150 小时寿命检查．

下面我们简单介绍一下英国标准中建议的收货检验程序．

六、软磁盘的收货检验程序

软磁盘的收货检验包括从供应商那里购入的软磁盘和使用部门进行数据交换前的货物质量检查．

(1) 整批进货首先要检查货物的外包装是否完整无损．外包装损坏应记录备案并保存破损的外皮，以便申报损失；

(2) 检查货物数量，并做好记录；

(3) 收货后应尽快打开外包装，检验实际软磁盘的质量，因为外包装好并不意味着软磁盘的质量也好；

(4) 进货软磁盘检查包括：

1) 软磁盘盒和标签；

2) 外套是否密封好，磁盘片表面有无毛屑，中心孔是否损坏；

3) 记录表面和磁盘外套是否被污染；

4) 中心环是否损坏；

5) 盘片上是否有指纹；

6) 盘片是否有压痕和凹陷；

7) 磁层是否有脱落；

8) 磁层表面是否有划痕；

9) 软磁盘片是否出现变形．

有上述缺陷的软磁盘应视为不合格盘，应加以标注以防与好盘弄混。

在进行数据交换时若出现问题，应将磁盘进行专门检查，以确定软磁盘是否存在质量问题。

附录三　软磁盘使用过程中的故障分析

软磁盘在频繁的使用过程中会出现一些故障，引起故障的原因是多方面的，要综合分析，找出原因，加以排除。根据我们自己制做和使用软磁盘的经验，以及和许多用户接触，看到出现故障有以下几方面的原因：

(1) 驱动器故障；

(2) 环境不当或使用不当引起的故障；

(3) 软磁盘本身质量引起的故障。

下面我们逐个分析上述几种故障。

一、驱动器的故障

软磁盘驱动器电路部分出现故障的机会并不多，而驱动器出现读写错误最常见的原因是出在磁头上。由于工作环境不清洁或其它原因，使磁头表面弄脏，一旦出现这种情况，不仅发生读写错误，而且有划伤盘面的危险。

有些软磁盘磁层表面粗糙，摩擦系数大，工作时摩擦生热，使磁层软化，因而粘合剂和磁粉一起被粘在磁头表面，当冷却之后形成一层很硬的凹凸不平的粘附层。由于磁头缝隙很小，只有 1—2μm，很容易被堵死，于是就无法进行读写，且容易划坏盘面。

此外，发霉的盘片最容易堵塞磁头缝隙。在湿热的地区，软磁盘易于发霉，因发霉堵塞磁头，出现读写故障的情况容易发生。

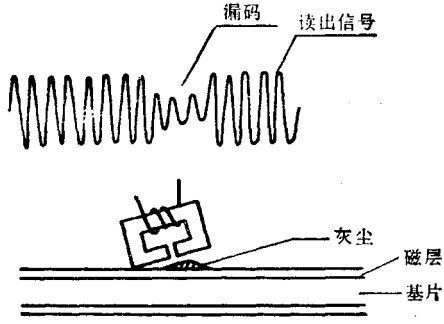
因此，微型计算机工作一段时间之后，用清洗盘清洗磁头是保护磁头、使软磁盘正常工作的必要措施。

二、环境不清洁引起的故障

环境不清洁不但给磁头带来故障，更大的危险性是使软磁盘造成读写错误。

软磁盘呈现的读写错误可以分为两种.一种是永久性错误,这种错误是由于介质表面有机械损伤，缺少磁层或其它涂布缺陷引起的.另一种错误为暂时性错误.这种错误主要是灰尘或其它污物弄脏介质表面而造成的.永久性错误是不可恢复性错误,暂时性错误是可恢复性错误.所谓可恢复性,即是可能第一次格式化或读写文件不正常,再多试一次或几次,至灰尘等污物被外套内的无纺布清洗掉,软盘工作就会正常起来.永久性错误变不成暂时性错误,而暂时性错误在某种使用不当的情况下有可能转化为永久性错误。

5.25in 软磁盘的磁头窗口、索引孔和中心轴孔都有进灰尘的可能。当将软磁盘从纸套中取出,在一个灰尘满屋,烟灰满桌的环境下放置或工作，被沾污的可能性极大.有些带有油烟的灰尘，粘附在介质表面上，很难被无纺布擦掉，往往需要多次转动盘片才能正常工作。



附图 3.1　灰尘造成的漏码

如附图3.1所示，当灰尘或污物粘附在介质表面时，其直接效果是加大了磁头和介质之间的距离,加剧了间距损失,削弱了输出信号强度,因而形成漏码。

为了说明灰尘的影响,我们进行了如下试验：取 50 片能通过 60% 漏码门坎，20% 冒码门坎的一级 5.25 in 高密度软磁盘在没有净化设施的房间放置，并且所有的软磁盘均不套纸套。使磁头

窗口和轴孔暴露于房间中．经半天放置之后，测试所有的软磁盘质量，结果，只有 42 片能通过 60/20 门坎；再放置一天，只剩 31 片能通过原设置门坎，其余均由于出现漏码或冒码、或调制变大而降低了等级或变成不合格品．实验数据见附表 3.1．

附表 3.1　1.2MB 5.25in 高密度软磁盘受灰尘的影响

试验条件	放置半天		放置一天半	
	片　数	百分数(%)	片　数	百分数(%)
通过 60/20 门坎	42	84	31	62
只通过 40% 门坎	3	6	10	20
一面坏，一面好	1	2	2	4
废品	4	8	7	14

灰尘等污物造成漏码的另一个原因，是大颗粒灰尘可能粘附在磁头上，从而把盘片表面划伤，这种划伤形成不可恢复的永久性缺陷，使记录的数据无法恢复．

上述现象对于高密度软磁盘尤为严重，因为高密度软磁盘记录密度高，信号强度小．正是由于在计算机用户中经常出现这类问题，所以在 3.5 in 软磁盘的设计中改进了结构．在磁头窗口处增加了一个用弹簧控制的快门．当软磁盘插入驱动器中工作时，快门自动打开，而从驱动器中取出软磁盘时，弹簧的弹力使快门立即关闭，盖住磁头窗口，以遮盖介质，避免灰尘和脏物污染记录表面．

我们也曾试验过，若将 2MB 3.5 in 软磁盘不加快门放置，即使是在有净化设施的房间内，存放两天后，大部分盘会出现漏码．

因此，软磁盘用户一定要注意保持环境的净化，不可将软盘在不加保护的情况下随意放置．应当养成良好的习惯，软盘用毕插入纸套，放回盒中．

三、软磁盘质量问题引起的故障

1. 盘片发霉

软磁盘在湿度大、天气炎热的地方存放过久，特别是过夏，在

磁层表面会出现斑点，严重的则出现一片一片的污迹，使原来的光亮抛光区变暗．这是发霉的表现．发霉的软盘不仅出现信息丢失(漏码)，而且霉点造成磁头缝隙被堵塞，使软盘驱动器无法工作．这是最严重的质量问题．

软磁盘发霉的现象不是个别产品才发生，而是相当普遍存在的问题．我们曾见到一些名牌产品发霉的情况．软磁盘发霉是出现在介质表面而不是在外套上，其原因是磁层成份中有一种帮助磁粉分散的卵磷脂，在湿热环境下容易发霉．这种分散剂在软磁盘、磁带中都要采用，目前还没有一种良好的代用品．为了防止发霉有人加了防霉剂，但效果不明显．

为了防止发霉，最好将盘片存放在有除湿设备的、或有空调的房间内．

2. 不能格式化或 00 磁道错误

有关00磁道不合格造成不能格式化的原因在第十章中已进行了分析．00磁道不合格多半是外套弯曲使磁头与介质的磁层接触不良造成的．由于介质磁层上有缺陷，致使 00 磁道发生漏码而不能格式化的情况也有，但较少发生．

第二种不能格式化的原因是把高密度 5.25 in 软磁盘当作倍密度盘使用在倍密度驱动器上．

以前我们曾介绍过，高密度 5.25 in 软磁盘采用矫顽力 600—650 Oe 的介质材料，而倍密度软磁盘采用 300 Oe 的介质材料．高密度盘由于矫顽力高，所以写入信号和抹除原信号需要较强的磁头磁场；倍密度软磁盘矫顽力低，所以在写入信号或抹除原信号时需要的磁头磁场也较低．常用的高密度驱动器为获得大的磁场强度采用 6 mA 左右的写电流；而倍密度驱动器由于需要的磁场强度小，写电流也小，只有 4 mA 左右．

由于上述原因，就出现了如下现象：如果高密度软磁盘在高密度驱动器上已经写入了信号，则这张盘片再放入倍密度驱动器上使用时，由于倍密度驱动器磁场强度低，抹除不掉原有信号，所

以不能格式化，而显示 TRACK00 BAD(00 磁道坏)。

有的软磁盘制造厂家测试软磁盘之后没有对软磁盘进行消磁处理，这时在软磁盘上会残留有测试时写入的 2F 信号（只测漏码不测冒码时如此，如果测冒码会抹除）。如果测试仪驱动器磁场强度较大，磁层磁化得较强，那么，即使采用的是倍密度盘，这片盘在一个磁场强度小的计算机上仍然可能抹不掉测试时写入的信号，因而造成00磁道不能格式化的情况。

反之，如果采用退磁装置将软磁盘进行彻底的退磁，则可以将原信号抹除干净，因而可以正常格式化，但使用起来易出错，可靠性差。

当然，也不排除00磁道确实有缺陷，如机械划伤，缺少磁层或沾污的情况。

所以遇到00磁道不能格式化的情况，应当综合分析。首先要检查是否把 5.25 in HD 盘用在了 360KB 驱动器上，再通过磁头窗口检查外磁道附近有无折伤或其它污染。如果不是上述情况，可再看外套是否平直，如有明显弯曲，很有可能是外套的影响。如果外套也没有问题，请用消磁机消磁，再进行格式化试试看。

如果断定是由于外套弯曲造成00磁道不能格式化，那么这张盘是一张废品盘，可以挽救的只能是其中的盘片。可以切开封口，将盘片取出，放入另一个不用的外套中，再进行格式化试试（此项操作应戴手套进行）。

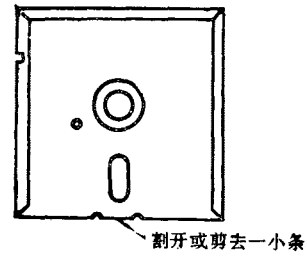
有的软磁盘开始可以读写，后来文件读不出来。发生这种情况，如果磁盘没有划伤，很有可能是外套变形造成盘片与磁头接触不良所致。如果存入的文件很重要，希望能够再用，那么不妨按上述方法，换一个外套，试试能否恢复数据。

如果是因为弯曲外套的应力使盘片不能平稳转动，磁头与介质接触不良而造成的不能格式化的情况，我们建议采用如下不得已的办法，试试能否恢复其功能：

在 5.25 in 软磁盘的 PVC 外套的磁头窗口下方有两个应力释放孔（见附图 4.2），用小剪刀尖将两小孔之间的外套边割开，放

入驱动器中试试可否格式化.

如果仍然不行，可将应力释放孔之间的 PVC 材料剪去一小条（宽约 1mm），再将处理后的软磁盘格式化试试看.



附图 3.2　减小 PVC 外套应力的方法

3. 记入的文件不能调出

遇到这种情况，先用另一张合格的软磁盘检查驱动器是否正常.如果驱动器没有故障，则可以确定问题出在软磁盘身上.

这时，可以用手指卡住轴孔慢慢转动盘片，从磁头窗口观察介质表面有无损伤. 如果盘片是完好的，重复调出文件仍不成功，则问题可能发生在外套弯曲上. 一种可能是起初格式化和写入文件是勉强的，后来外套变形严重，介质与磁头难以接触，使文件难以调出来. 也就是说，文件仍然在软磁盘上，并未丢失.

可以采用前述处理不能格式化软磁盘的方法，将盘片取出，换入一个合格的外套中试试看，能否调出文件. 发生文件不能调出，也有一种可能是轴孔直径偏差较大，发生找磁道错误，如果是这种情况，盘片是不能用的.

4. 用错软磁盘的问题

不能进行格式化的另一个原因是把高密度 5.25 in 软磁盘当做倍密度软磁盘放在 360 KB 的驱动器上使用. 那么为什么高密度盘不能大材小用，而只能用于高密度驱动器上呢?原因在于两种软磁盘采用的磁记录介质材料不同，高密度盘用矫顽力为 650 Oe 的磁粉，倍密度盘用矫顽力为 300 Oe 的磁粉，两种材料矫顽力不同，要求磁头的磁场强度是不同的. 而上述两种驱动器的磁头结构也有较大差异，因此倍密度驱动器磁头一般是不能在高密度盘上进行读写.

为了说明上述问题，我们用 Media Logic ML-2000 分析仪的在线工程测试进行下述试验：

(1) 将一张高密度 5.25 in 软磁盘插入高密度驱动器中，在 00 磁道上写入 2F 信号，同时读出输出信号幅度为 4.0mV；

(2) 将上述软盘在倍密度驱动器上读出，输出信号幅度只有 0.8mV；

(3) 再将这张软磁盘在倍密度驱动器上进行直流抹一遍之后，再读出，其输出幅度为 0.52mV；

(4) 将软磁盘拿回高密度驱动器上读出 00 磁道信号强度为 2.0mV；

(5) 用高密度驱动器加以直流抹一遍，读出信号强度为 0.2mV.

以上试验表明：

1) 高密度软磁盘放在倍密度驱动器上读出时，信号幅度很低.

2) 高密度软磁盘上记录的信号用倍密度驱动器抹不干净.

同样的试验也可以用以说明倍密度驱动器在高密度盘上写不上信号，或磁化得很浅.

既然高密度软盘在倍密度驱动器上不能写、不能读，显然也不能格式化.

有些软磁盘的用户不了解这种情况，误将高密度盘用在低密度驱动器上，发现不能使用则判定为盘片质量不行. 这种情况时有发生.

也有较少的情况是生产厂家错把高密度盘混入倍密度盘中. 这种情况可以通过观察中心轴孔的状况来判别. 一般高密度不上加固环，倍密度盘贴加固环. 但最根本的方法是用两种驱动器来鉴别.

这里还有一个问题值得提及，那就是倍密度软盘能否用在高密度驱动器上？一张质量良好的倍密度盘格式化容量可达 1MB 以上，甚至不出现坏扇区，但倍密度盘在高密度驱动器上记录，输

出信号幅度低，分辨率也低，而且窗口偏差较大，所以出现差错的机会较大。因此，可以说勉强可用，但可靠性差。

一般质量的倍密度软磁盘容量达不到那么高，是不能用的。

四、3.5 in 软磁盘的故障分析

3.5 in 软磁盘在我国使用起步较晚，但使用量增加得很快，由于 3.5 in 软磁盘结构与 5.25 in 软磁盘不同，所以故障发生的情况不同，这里我们单独进行讨论。

1. 磁盘偏摆

和 5.25 in 软磁盘一样，3.5 in 软磁盘也有不能格式化的问题。3.5 in 软磁盘是注塑的硬外壳，一般不易弯曲变形，如果稍有弯曲，驱动器的结构设计又能校正这一偏差(见第七章)。因此，00 磁道不合格，一般不是外套的问题，而问题多半是由于盘片弯曲所致。盘片与中心环粘结不正，金属环本身翘曲也会使贴上的盘片弯曲，造成转动时偏摆。这样的盘工作性能不稳定，当驱动器磁头弹簧压力大时，能正常格式化、读写；当磁头弹簧压力小时，就不能进行格式化。

这种偏摆的盘片是不能使用的。

2. 快门故障

另一种常见的故障是出现在快门上。快门收口过紧，开关困难。出现这种情况，可适当地将快门收口向外扳一下，使收口张大一些，快门即可以灵活开关。如果是因为快门弹簧质量不佳就不能这样处理，则需要更换弹簧或摆正弹簧。

3. 脏物污染

高密度软磁盘不加保护地放置，即使有快门也会出现漏码，因此用户在使用 3.5 in 高密度软盘时要特别注意保护软盘不受脏物沾污。

附录四　软磁盘存放、运输和使用注意事项

根据以上分析，软磁盘出现故障的原因以及软磁盘的盘片和外套的物理性质，在使用和保存时应注意如下几方面。

一、软磁盘对存放条件的要求

软磁盘不应存放在温度、湿度变化范围大，而且变化速度快的环境下。例如：增湿器、脱湿器、暖气附近。

软磁盘的存放地点应无灰尘，并应避开产生尘埃的设备。

软磁盘不应在阳光下直射，不应放在强磁场周围，应避开避雷设备和永磁铁，以防止损坏软磁盘或造成记有数据的盘丢失数据。软磁盘存放环境的杂散磁场强度不应超过 4000A/m(50Oe)。

二、软磁盘的操作环境

温度：10—51.5℃；

温度变化速率：小于 20℃/h；

相对湿度：20—80%；

湿球温度：26℃。

三、对非操作区存放环境的要求

温度：4—51.5℃；

温度变化速率：小于 20℃/h；

相对湿度：8—80%；

湿球温度：26℃。

四、长期存放软磁盘的最佳条件

温度：18—22℃；

相对湿度：35—40%。

五、软磁盘使用前的适应条件要求

软磁盘从存放地点取出，带入操作区操作使用之前，必须按下述要求进行适应。适应的具体条件，即放置时间、温度、湿度等应根据原存放环境而定。

理想的适应条件为：将软磁盘放在操作环境条件下20小时以上再使用。但通常有6小时以上即可使用。如果不进行环境适应，盘片本身的热膨胀和湿膨胀有可能造成记录的信息在读出时出现差错。

如果原存放环境比较恶劣，不符合正常的贮存条件，那么应该先将软磁盘从包装箱内取出，在正常贮存环境下放置至少24小时之后，再移入操作环境适应。不按此程序办理，由于盘片尺寸受环境的影响发生较大变化，致使找磁道发生错误，此外，温度和湿度的剧烈变化会使软磁盘表面有可能凝结水分，影响软磁盘的记录性能。

六、软磁盘存放方式

软磁盘从驱动器中取出应立即插入纸套并存放在磁盘盒中，注意软磁盘应直立放置。

对于记录有关键数据的软磁盘存放时还应该考虑安全因素，如防火条件等。如果有可能应在另一场所存放复制有重要信息的备份盘。

七、软磁盘的使用要求

(1) 操作员不应用手触及软磁盘的记录表面；

(2) 将软磁盘插入驱动器或从驱动器中取出时不得弯曲或折

叠软磁盘；

（3）软磁盘从驱动器取出应立即插入纸套，装进盒子并放回存放柜中；

（4）软磁盘不得与液体、灰尘、香烟及金属杂物相接触；

（5）纸屑、纤维或橡皮屑都会影响记录性能，应绝对避免软磁盘上粘上这些东西；

（6）软磁盘应在驱动器接通电源后插入，取出后关掉驱动器电源．软磁盘在驱动器中插入时不得开、关驱动器电源；

（7）远离磁场，避免数据丢失；

（8）软磁盘不得放置在温度过高的地方，不可直接暴露在阳光下照射；

（9）软磁盘的标签应先写上记录的目录或内容，再准确地贴到磁盘的标签区，注意标签不能挡住索引孔，不能碰到记录表面；

（10）软磁盘中内容更换，需换标签时，应先撕下旧标签，再将写好内容的新标签贴到正确位置；

（11）写保护纸（或锡箔）应该对称地贴在外套上的写保护槽口上．这种写保护纸是一次性使用的，一旦撕下就要废弃，不得重复使用。

八、软磁盘的清洁

软磁盘的清洁作用是靠粘贴在外套内的无纺布衬里完成的．当软磁盘在驱动器中旋转时，无纺布衬里不断擦试盘面，清洁软磁盘的记录表面，不需要其它的清洁方法．发现脏盘应立即换掉，以防沾污磁头．

有人用专门设计的软磁盘清洗设备擦拭软磁盘的记录表面，用挥发性合适的液体将磁盘表面的污物擦掉，并起到一定的润滑作用和抗静电作用，防止磁盘性能受到影响．记录有信息的软磁盘在表面受到污染，数据不能准确读出时也可以采用这种方法处理．但这一处理方法和数据恢复是专门技术，一般的软磁盘用户不宜采用这种方法处理．用户可将污染的盘送到有关厂家处理．

九、软磁盘资料的存放要求

正如有些先进的图书馆采用磁带存储资料，有些图书馆也用软磁盘存储资料。以磁带和软盘存储的资料存放位置应该远离电器设备以及产生灰尘的设备。存放软盘的资料室应该尽可能靠近利用软盘阅读资料的工作室。存放软盘文件的环境要求应与操作条件相同，室内应具备温度、湿度监测、控制设施，不允许存放纸张之类的能积累静电的材料及化学药品。

十、保证工作环境清洁的措施

大量使用或存放软磁盘的工作室或计算机操作室，对于进出人员应严格控制，这样可以降低带入的灰尘及脏物的数量，保证工作环境清洁。

在一些重要数据贮存的柜子应加特殊标记并加锁保护。

工作室内不许吃东西，喝饮料或吸烟，以防污染软磁盘。

工作人员应穿抗静电工作服，衣服应不脱落纤维。

应使有关工作人员接受良好的训练，以保证室内的工作环境。

十一、软磁盘的运输要求

软磁盘应放在磁盘盒内，并装在硬壳箱内运输，这样可以少接触灰尘和湿气。软磁盘与包装箱之间应留有不小于 80mm 的间隙，这样可以尽量减小杂散磁场的影响。此外运输要求：

温度：－40—51.5℃；

相对湿度：8—90%。

软磁盘运输到使用地点，使用前要按前面所述适应条件进行适应处理。

附录五　未格式化容量为 1.6 兆字节 5.25 英寸高密度软磁盘的国际标准

ISO 8630 信息处理-数据交换用 130mm(5.25 in) 改进调频制记录密度为 13 262 磁通翻转/弧度，每面 80 磁道的软磁盘。

第一部分　尺寸，物理性能和磁性能

0. 前　言

ISO 8630 规定了用改进调频制 (MFM) 记录、密度为13 262 磁通翻转/弧度，每面 80 磁道，130mm(5.25 in) 软磁盘的性能。

ISO 8630-2 和 8630-3 规定了用于数据处理系统之间数据交换 130mm (5.25 in)记录密度为 13 262 磁通翻转/弧度软磁盘的信号质量，磁道配置和磁道格式。

ISO 8630-1 和 8630-2 以及 ISO 7665 中规定的标号模式保证了数据处理系统间的全部数据交换。

ISO 8630-1, ISO 8630-3 和 ISO 9293 中规定的标号模式为数据处理系统间的全部数据交换提供了另一种方法。

1. 适用范围

ISO 8630 第一部分规定了软磁盘的尺寸，物理性能和磁性能，以便使软磁盘在数据处理系统中具有实际的互换性。

注——标准中公制和/或英制所表示的数值可能经过四舍五入，他们是一致的但并不完全相等，因而只可选用任一种单位，不可混用也不可重新换算。最初制定标准时采用的是英制单位，以后发展为公制单位。

2. 一致性

当软磁盘全部符合 ISO 8630-1 和 ISO 8630-2 或 ISO 8630-3 中要求时则被认为这张软磁盘与 ISO 8630 是一致的。

3. 参考标准

ISO 646
ISO 2022
ISO 4873
ISO 6429
ISO 7665
ISO 9293

4. 定义

本标准涉及以下定义：

4.1 *软磁盘* 是指在规定的一个面或两个面上记录和保存用于信息数据处理系统和有关系统进行输入/输出和贮存用的磁信号的软盘。

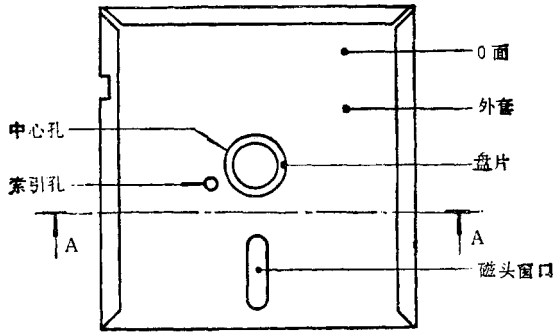
4.2 *基准软磁盘* 人为选定的一张性能已知用于校准的软磁盘。

4.3 *二级基准软磁盘* 用于日常校准用的软磁盘，其性能已知并标注有与基准软磁盘对应的关系。

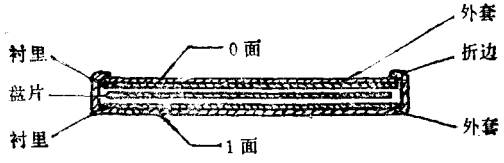
4.4 *信号幅度基准软磁盘* 选作记录磁场和信号幅度标准的基准软磁盘。

注——由联邦德国物理技术研究所（PTB）建立信号幅度基准磁场，重写和分辨率特性的一级标准。二级基准软磁盘可以从 PTB 订到，编号为 RM 8630。二级基准软盘还可以从美国国家标准局 NBS 得到，编号也为 8630。

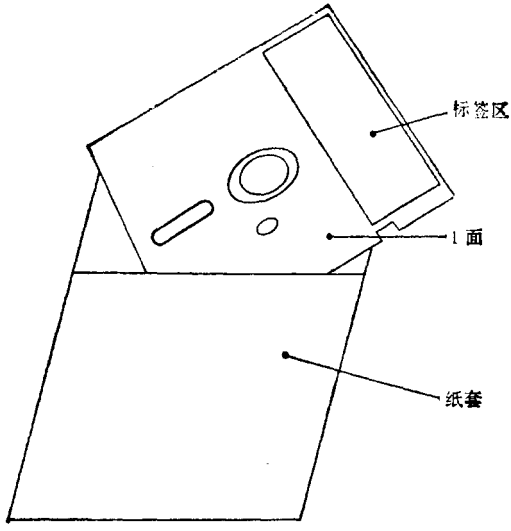
4.5 *典型磁场* 在规定的磁道上和磁通翻转密度下，在平均信号幅度与记录磁场的关系曲线中，能够产生 95% 的最大平均信号



附图 5.1　软磁盘



附图 5.2　A-A 剖面图



附图 5.3　保护纸套和软磁盘

幅度相对应的最小的记录磁场数值为软磁盘的典型磁场.

4.6 基准磁场　记录磁场和信号幅度基准软磁盘的典型磁场为基准磁场.

4.7 测试记录电流（每面）　在00磁道上,在250 000磁通翻转/秒下产生基准磁场的电流的145—155%之间的电流为测试记录电流.

软磁盘上有两个测试记录电流,每面一个.

4.8 标准基准幅度（SRA）　在信号幅度基准软磁盘上，用合适的测试记录电流在基准磁道上产生的平均信号幅度.

每面有两个标准基准幅度.

SRA_{1f} 为在00磁道上用250 000 ft/s下写入的平均信号幅度.

SRA_{2f} 为在79磁道上用500 000 ft/s写入的平均信号幅度（见9.1.4）.

4.9 平均信号幅度　整个磁道上输出电压峰-峰值的算数平均值.

4.10 接触　指一种工作状态，在此状态下进行数据存储的磁盘表面与磁头相接触.

4.11 格式化　写入合适的控制信息，建立实际记录的磁道并确定软磁盘表面实际记录的地址.

4.12 预置　在开始进行一般性信息处理之前，在软磁盘上写入任何需要事先写入的信息.

4.13 记录区　是指在磁盘表面上磁头可以接触到的区域.

5. 一般说明

5.1 图说明　典型的软磁盘如附图5.1—附图5.3所示.

附图5.1　软磁盘,俯视图,0面向上.

附图5.2　附图5.1的A—A剖面.

附图5.3　软磁盘及保护外套,1面向上.

5.2 主要部件　软磁盘的主要部件为:

——记录盘

——衬里

——外套

软磁盘装在保护纸套中.

5.3 说明　软磁盘外套为正方形,在外套两个面上各有一个中心孔,一个索引孔和一个磁头窗口.

衬里固定在外套内侧,有两层衬里,中间夹着磁盘片,衬里上的开口和外套上的一致.

磁盘片上只有一个中心孔和一个索引孔.

5.4 外套的互换特性允许其结构作如下改变:

a) 外套可以有舌边(如附图 5.2 所示三个舌边或没有);

b) 在基准边缘可以开槽.

6. 一般要求

6.1 环境与运输

6.1.1 测试环境　检查软磁盘是否符合 ISO 8630 的要求所做的测试和测量应该在下述条件下进行:

——温度: 23±2℃(73±4°F)

——相对湿度: 40—60%

——测试前放置时间: 最少 24 小时

温度和湿度应测量软磁盘周围的空气.

磁盘表面任何一点的杂散磁场,包括记录磁头集肤效应产生的杂散磁场不应超过 4 000A/m(50Oe).

6.1.2 操作环境　用于数据交换的软磁盘应在下述条件下操作:

——温度: 10—51.5℃(50—125°F)

——相对湿度: 20—80%

——湿球温度: 低于 29℃(84°F)

温度和相对湿度应该测量磁盘周围的空气. 建议温度的改变速率不超过 20℃(36°F)/h.

在磁盘表面或磁盘内不应该有凝结水.

磁盘表面任何一点的杂散磁场，包括记录磁头集肤效应产生的杂散磁场不应超过 4 000A/m(50Oe).

6.1.3 储存环境　软磁盘储存时应保持以下条件:

——温度: 4—51.5℃(40—125°F)

——相对湿度: 8—80%

每张软磁盘都应该装在纸套里,并直立放置.

软盘表面或内部不应有凝结水.

磁盘表面任何一点的环境杂散磁场不应超过 4 000 A/m (50Oe).

注——曾在超过操作条件要求的温度和湿度下存放过的软磁盘可能出现性能变差的情况. 这样的软磁盘在使用前应该在操作环境中放置 24 小时以上.

6.1.4 运输　运输者应该保证运输过程中采取有效的保护措施. 运输时，磁盘应放在纸套中并装在包装盒内. 包装盒应该无灰尘和异物. 盒内应该清洁,结构应能减少灰尘和潮气的进入.建议在软磁盘和外包装箱之间留有足够的空间，以避免杂散磁场损坏磁盘.

建议环境条件不应超过下述要求:

——温度: —40—51.5℃(—40—125°F)

——温度最大变化速率: 20℃(36°F)/h

——相对湿度: 8—90%

磁盘表面和磁盘内应该没有凝结水.

6.1.5 使用　软磁盘放在纸套外面的时间应该尽可能短. 当操作员使用磁盘时,不应该接触磁盘的磁性表面,并且应避免将软磁盘暴露在阳光下直射,不应放在潮湿有灰尘的地方.

6.2 材料

6.2.1 外套　外套可以用任何合适的材料制作.

6.2.2 衬里　衬里材料应该能够擦去盘片上的灰尘，但不损坏软磁盘.

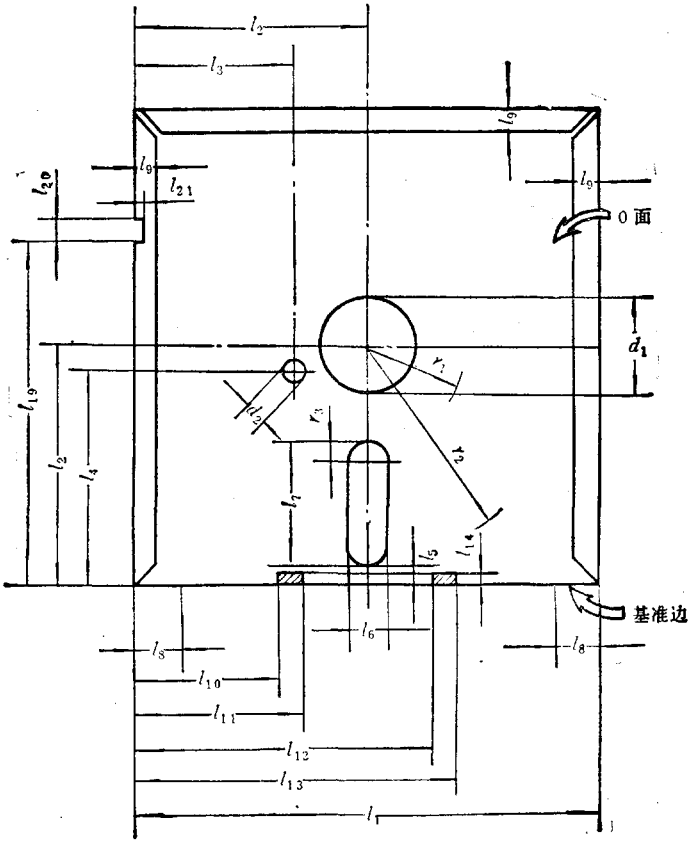
6.2.3 盘片　盘片可以用任何合适的材料制作(例如,双轴取向聚对苯二甲酸乙烯酯，两面涂以有强度和柔性的磁性材料层（如 $Co-\gamma-Fe_2O_3$)。

6.2.4 纸套　纸套可以用任何合适的材料制造（如纸)。

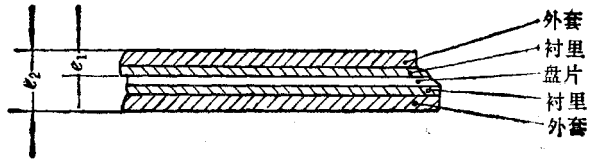
6.3 转动方向　面对磁盘 0 面,磁盘转动方向为逆时针。

7. 尺寸特性

列于下列条款中的尺寸特性示于附图 5.4—5.7。

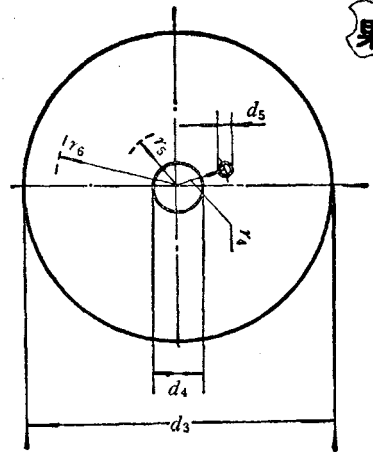


附图 5.4　外套尺寸

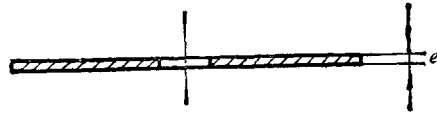


附图 5.5　软磁盘的厚度

Retro Workshop
果粉工作室



附图 5.6　盘片尺寸



附图 5.7　盘片厚度

附图 5.4——外套尺寸，外套图示。

附图 5.5——软磁盘外套厚度，外套剖面图。

附图 5.6——磁盘尺寸，磁盘片图示。

附图 5.7——磁盘厚度，盘片剖面图。

所有的尺寸都是以磁盘的基准边为准（见附图 5.4）。

7.1　外套

7.1.1 形状　外套为正方形，角度为 90°±30′，边长

L_1 = 133.3±0.4 mm(5.250±0.015 in)

7.1.2 厚度

7.1.2.1 外套壁和衬里　在规定的区域

r_1 = 35 mm(1.38 in)

r_2 = 50 mm(1.97 in)

用一个直径为 15 mm (0.59 in) 的测量头对外套加以 1N (3.6ozf) 的力，外套壁和衬里的厚度为

e_1 = 0.45±0.15 mm(0.018±0.006 in)

7.1.2.2 外套　外套的总厚度应为（见 7.1.7）：

1.2 mm (0.047 in) < e_2 < 2.1 mm (0.083 in)，按附录A中 A.1 和 A.2 条款测量（附录A略）。

外套应自由通过开口宽度为

$$2.60\ ^{+0.05}_{-0.00}\ \text{mm}\left(0.102\ ^{+0.002}_{-0.000}\ \text{in}\right)$$

的垂直壁，深度为 150 mm (5.9 in) 的测厚规。

7.1.3 中心窗口　中心窗口的直径应为

d_1 = 39.7±0.2 mm(1.56±0.01 in)

它们的中心位置应由 l_2 限定

l_2 = 66.65±0.30 mm(2.624±0.012 in)

7.1.4 索引窗口

7.1.4.1 位置　索引窗口的位置应由 l_3 和 l_4 限定

l_3 = 42.10±0.25 mm(1.657±0.010 in)

l_4 = 60.00±0.25 mm(2.362±0.010 in)

7.1.4.2 直径　索孔窗口的直径应由 d_2 限定

d_2 = 6.35±0.20 mm(0.250±0.008 in)

7.1.5 磁头窗口

7.1.5.1 位置　磁头窗口最低点的位置应由 l_5 限定

l_5 = 3.30±0.25 mm(0.130±0.010 in)

7.1.5.2 尺寸　磁头窗口宽度应为

l_6 = 12.7±0.2 mm(0.50±0.008 in)

窗口两端的标称半径应为

r_3 = 6.35 mm(0.250 in)

其长度应为

l_7 = 35.00±0.25 mm(1.378±0.010 in)

7.1.6 基准边轮廓　在一个区域内限定为

l_8 = 25 mm(1.0 in)

基准边应有一个凸形轮廓，例如，应该是圆角，有一个或多个0.3 mm最小半径（0.012 in最小）。

7.1.7 外套的结构　如果外套采用折边，其宽度不应超过

l_9 = 12 mm(0.47 in)

软磁盘总厚度加上折边厚应满足于7.1.2.2的条件（见附录A）。

7.1.8 应力释放槽口　基准边上可以有两个槽口。如果开有槽口，则应该完全限定在规定尺寸区域以内。

l_{10} = 48.0 mm 最小（1.89 in 最小）

l_{11} = 58.0 mm 最大（2.28 in 最大）

l_{12} = 75.0 mm 最小（2.95 in 最小）

l_{13} = 85.5 mm 最大（3.37 in 最大）

l_{14} = 2.0 mm 最大（0.08 in 最大）

7.1.9 允写槽口　允写槽口的位置和尺寸应由以下尺寸限定

l_{19} = 96.5±0.2 mm(3.799±0.008 in)

l_{20} = 6.35±0.13 mm(0.25±0.005 in)

l_{21} = 3.8±0.2 mm(0.150±0.008 in)

用一种足够硬和/或不透明的材料盖住槽口，则不可写入数据。

7.2 衬里　衬里应该遮盖记录区（7.3.4）。但不应该有衬里伸延出外套开口处多于0.5 mm。

7.3 磁盘片

7.3.1 直径　盘片的外径：

d_3 = 130.2±0.2 mm(5.125±0.008 in)

盘片内径：

d_4 = 28.575±0.025 mm(1.125±0.001 in)

7.3.2 厚度　盘片厚度：

e_3 = 0.080±0.010 mm(0.0030±0.0004 in)

7.3.3 索引孔

7.3.3.1 位置　索引孔的位置应由 r_4 限定

r_4 = 25.4±0.1 mm(1.000±0.004 in)

7.3.3.2 直径　索引孔直径为

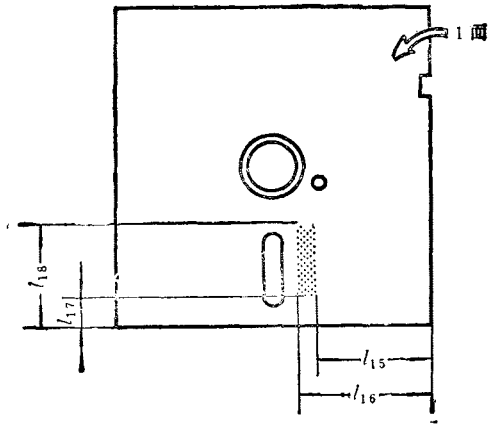
d_5 = 2.54±0.10 mm(0.100±0.004 in)

7.3.4 记录区域　磁盘每一面上记录区域应限定为

r_5 = 31.3 mm 最大 (1.23 in 最大)

r_6 = 62.5 mm 最小 (2.46 in 最小)

7.3.5 记录面　为了说明方便，磁盘的两个面定义为 0 面和 1 面；示于附图 5.1—5.4 和附图 5.8。



附图 5.8　压块区域

8. 物理性能

8.1 可燃性　软磁盘应该用这样的材料制作，如果用一根火柴

火焰点燃软磁盘，将其放在静止的 CO_2 气中，材料不继续燃烧。

8.2 盘片的线性热膨胀系数　磁盘片的热膨胀系数应该为

$$(17\pm8)\times10^{-6}/℃$$

8.3 盘片的线性湿膨胀系数

$$(0-15)\times10^{-6}/\%相对湿度$$

8.4 不透光性

8.4.1 外套的不透光性　按照附录B中方法测定时，采用 940 nm 的常规波长的 LED 做光源，外套的光透率应小于1%。允写槽口遮盖方法也和外套不透光性一致。

8.4.2 盘片的不透光性　按照附录 *B* 中方法测定时，采用90nm 的常规波长的 LED 为光源，盘片的透光率应小于2%。

8.5 转矩

8.5.1 起动转矩　不接触磁头，磁头不加载，盘片的起动转矩不应超过 0.01N·m(1.42 ozf·in)。

8.5.2 运行转矩　磁盘在 360±7r/min 速度下旋转，磁头加载块的面积为 280±10mm²(0.434±0.015 in²)，在加载块上加 0.70±0.05N(2.52±0.18 ozf) 的力，并平行于磁头窗口如附图 5.8 所示尺寸限定，

l_{15} = 44 mm (1.73 in)

l_{16} = 55 mm (2.16 in)

l_{17} = 7 mm (0.28 in)

l_{18} = 35 mm (1.38 in)

使得盘片转动所需的转矩不应该大于 0.03N·m (4.26 ozf·in)。

9. 磁特性

9.1 磁道的几何形状

9.1.1 磁道的数目　在磁盘每面的记录区域内 (7.3.4) 应该有 80 条各自独立的同心圆形状的磁道。

9.1.2 磁道的宽度　每个表面上记录磁道的宽度应为

0.155 ± 0.015 mm(0.0061 ± 0.0006 in)

磁道之间的区域应该被抹除。测量磁道有效宽度的方法在附录C中。

9.1.3 磁道位置

9.1.3.1 标称位置 所有磁道的中心线标称半径应该用下式计算：

$$R_n = x - \frac{n}{96} \times 25.4 \text{ mm}$$

$$\left(R_n = x - \frac{n}{96} \text{ in} \right)$$

这里

n 为相应于磁道号的数值（见 9.1.4）

x = 57.150 mm(2.2500 in)0 面

x = 55.033 mm(2.1667 in)1 面

因此，在 1 面上的每条磁道比 0 面上相同号数的磁道向内偏差 2.117 mm(0.083.3 in)。

9.1.3.2 磁道位置允许偏差 当将磁盘在测试环境下(6.1.1)测量时，记录磁道的中心线应在标称位置的 ±0.025 mm (±0.001 in) 之内。

9.1.4 磁道号 磁道号应为两位十进制的数字（每面从 00 到 79），磁道号顺序从最外磁道（00 磁道）开始。

9.1.5 索引 索引信号的目的只是用于定时。索引是一个点，这个点确定了磁道开始和结束。在已经监测到索引孔的前沿时，索引处于读-写间隙。

9.2 功能测试 下述测试写和读操作应该使用同一台驱动器。应使用接触式操作条件。

9.2.1 表面测试 两个数据记录表面的特性由下面给出的测试要求限定。

9.2.1.3 和 9.2.1.4 中参数是在 76 磁道上测量的，76 磁道是 RM-8630 的鉴定磁道。

9.2.1.1 测试条件　磁盘应在360±7r/min条件下测试，使用的测试频率［磁通翻转/秒（ftps）］应该为：

1f = 250 000±250 ftps

2f = 500 000±500 ftps

每项测试使用的频率分别规定。

9.2.1.2 典型场　对于每个面来说，测试磁盘的典型场应该在基准场的 ±20% 以内。它应该用 1f 频率在 00 磁道上测量。

9.2.1.3 平均信号幅度　测试的磁盘用测试记录电流记录后，读出并与相同条件下同一系统记录的信号幅度基准软磁盘对比，其平均信号幅度应该为

00 磁道，1f 记录 $<130\%SRA_{1f}$

76 磁道，2f 记录 $>80\%SRA_{2f}$

9.2.1.4 分辨率　记录后，用合适的测试记录电流，在每个面的76磁道上测试以下比值：

$$\frac{\text{2f 平均信号幅度}}{\text{1f 平均信号幅度}}$$

应大于信号幅度基准软磁盘相同比值的 90%。

9.2.1.5 重写　在 00 磁道上，用合适的测试记录电流记录后，先用 1f 写一周，再用 2f 写一周，下面的比值

$$\frac{\text{2f 重写后 1f 残余平均信号幅度}}{\text{1f 原先写入的平均信号幅度}}$$

应该小于信号幅度基准盘相应比值的 150%。这一测试应在软盘的两个面上进行，使用频宽范围为 1—5kHz 的选频电压表。

9.2.1.6 调制　调制应该为

$$\frac{\text{最大平均值} - \text{最小平均值}}{\text{最大平均值} + \text{最小平均值}} \times 100\%$$

最大平均值应该是磁道中具有最大幅度部分的幅度调制输出电压的平均值，最小平均值是指磁道中具有最小幅度部分的幅度调制输出电压的平均值。输出电压应测量峰—峰值，应该在连续2 000个以上的磁通翻转范围内取平均值。

在磁盘的两个面上，用 1f 频率写 00 磁道，2f 写 79 磁道，调制应小于 10%。

9.2.2 磁道质量测试　这些测试应适用于每面规定位置上所有磁道。应该使用测试记录电流。

9.2.2.1 漏码　用合适的测试记录电流以 2f 频率写一条磁道，当测量读出信号基-峰值时，在整个磁道上任何低于输出电压峰-峰值一半的 40% 的读出信号视为漏码。

9.2.2.2 冒码　用合适的测试记录电流以 2f 频率写一条磁道，用相当于测试记录电流静态值的恒定的直流电流抹一周。

任何读出信号（测量基—峰值），包括静态噪声和磁盘的残余信号在内，在测试条件下超过磁道 2f 的平均信号幅度一半的 20% 的信号，则视为冒码。

9.2.3 拒收指标

9.2.3.1 有缺陷磁道　一条磁道上，在同一位置上连续多次检测出一个或多个漏码和/或冒码，该磁道应视为有缺陷的磁道。连续通过的测试次数应该由有关单位之间协商。

9.2.3.2 磁道的要求　从介质供应商手中接收的软磁盘应无缺陷磁道。

9.2.3.3 拒收软磁盘　不符合 9.2.3.2 要求的软磁盘应拒收。

（测量方法略）

附录六　未格式化容量为4兆字节的3.5英寸软磁盘的 ANSI 标准(草案)

(东芝公司东芝美国电子元件公司给美国国家标准提交的建议书,1990年2月8日)

尺寸: 90 mm (3.5 in)

道密度: 5.3 t/mm (135 tpi)

位密度: 31 831 bit/rad

一般性能,物理性能和磁性能

1.0 前言

1.1　范围

本标准规定了记录密度为31 831 bit/rad的单面和双面90mm (3.5 in)未格式化软磁盘互换性所要求的一般性能,物理性能和磁性能.这种软磁盘是在每面有80磁道的软磁盘驱动器和有关的信息处理系统上使用的. 这种单面和双面的软磁盘装在有保护功能的外壳内,有一个或两个记录面,是专门与数字记录和再生设备一起使用的,写入读出设备的存取机构能定位数据磁道.

为了保证所使用的介质在信息处理系统之间数据有互换性,必须具备三个特殊的兼容性规格要求:

1. 未格式化介质的互换规格 (即软磁盘的互换要求).

2. 物理磁道格式的规格,即向美国国家标准局建议的 90mm (3.5 in), 5.3 t/mm(135 tpi) 记录密度为 31 831 bit/rad 的软磁盘实现互换要求的记录格式.

3. 逻辑磁道格式的规格 (ISO 9293——1987).

1.2 目的

1.2.1 本标准规定了必要的测试方法，以保证验证介质的接收标准。

1.2.2 本标准中规定的性能指标代表了在磁盘的可使用期内，为了实现互换要求磁盘应该符合的性能标准或可接受的最低性能标准。本标准中的性能指标并不代表购买的产品的规格。

1.2.3 标准中给出了标准测试方法和测试程序，用来测试软磁盘是符合还是超过标准中给出的定量的性能指标，但标准中不对最低定量指标加以讨论，这些要由买、卖双方协商。

1.2.4 标准中最初的尺寸和数据都使用的是国际标准单位（SI）。这些单位换算成美国习惯用工程单位（也包括英制单位）和厘米-克-秒制单位是按照 ANSI/IEEE 268——1982 所规定的方法进行的。这两种单位制的数据可相互参考，但不得混用或重新换算。标准中允许误差的尺寸和量值是按照 ANSI/IEEE 268——1982 和 ISO 370——1975 中的方法 A 或方法 B 换算的，以保证原来的数据及有效位数与换算后经四舍五入得到的数值之间有一致性。方法 A 使用方便，只有在要求保证绝对配合的数值时才使用方法 B 换算。凡用方法 B 换算的数值都将标注出来。在 ISO 成员国的国家标准中，为了保证有些数值的完整，有可能做进一步的四舍五入，但这些数值仍在原数值的允许误差以内或接近允许误差范围。

1.2.5 除了 1.2.3 中指出的要点之外，凡符合本标准的软磁盘都应具备兼容性，在进行互换时无需做数据的换算。

1.3 一致性

凡全部满足本标准指标要求的软磁盘则认定为符合这一标准。

1.3.1 标准中规定软磁盘所使用的驱动器是采用预抹和读/写相结合的磁头，驱动器额定转速为 300 r/min. 标准中测试记录频率

为 1F 和 2F，每秒钟的磁通翻转数分别为 500 000 和 1 000 000.

2.0 参考标准

5.3 t/mm(135 tpi)，密度 31 831 bit/rad 的 90mm(3.5 in) 软磁盘美国国家标准草案中的数据交换格式；

信息交换用软磁盘的容量及文件结构，ISO 9293——1987.

3.0 定义

3.1 平均信号幅度

磁道的平均信号幅度是指在该磁道上测量出的读出信号输出电压峰-峰值的算术平均值.

3.2 软磁盘

是指记录盘片和外壳的组合体.

3.3 外壳

是指一个起保护作用外壳，包括一个快门和一个写保护槽口.

3.4 旋转方向

从软磁盘的 0 面看，盘片逆时针旋转.

3.5 可抹性 (Erasability)

在规定的磁道上，以规定的磁通翻转密度进行记录，在关闭掉读/写磁头的情况下，用抹磁头对原信号进行抹除，抹后残余信号平均幅度和原信号平均幅度的百分比值即为可抹性. 平均信号幅度是用选频电压表测量的.

3.6 中心环

中心环是一个定软磁盘中心和基准的元件. 中心环粘附在磁盘的中心，将驱动转矩传递给记录盘，并可将磁盘中心定在驱动器轴的某一指定角度位置上.

3.7 接触状态

是指软磁盘和驱动器处于操作状态，此时软磁盘的磁性表面与驱动器磁头相互接触。

3.8 索引

索引是指磁道上的一个点，这个点确定了这条磁道的开始和结束。

3.9 衬里

是指固定在外壳和磁盘之间的材料，这种材料适合于清洁盘面，防止盘片与外壳摩擦。

3.10 一级基准软磁盘

选定来做为基准磁场，信号幅度，峰值位移和可抹性标准基准的软磁盘。磁盘两个面上的 00 磁道和 79 磁道被指定为基准磁道。

基准磁道在 300r/min 速度下校准。

注：一级基准软磁盘将由 PTB 建立。在 PTB 未建立起一级基准软磁盘之前，则使用由东芝公司建立的一级基准软磁盘。

3.11 光学系统

光学系统由一个发光二极管和一个硅光电池组成。发光二极管的峰值功率点在 940±10 nm，1/2功率频宽为 50 nm（最大值），硅光电池的光缝宽度为 10 mm (0.39 in)，光缝闭合时仍可工作。两个光学元件的光轴相互平行，装在一个不透光的盒罩内。

3.12 预抹和读/写组合磁头

预抹和读/写组合磁头具有一个抹磁头元件和一个读/写磁头元件（本标准中称为“抹磁头”和“读/写磁头”）。抹磁头位于读/写磁头前面。抹磁头先抹掉原记录数据后再由读/写磁头随后写入数

据。抹磁头缝隙宽度比读/写磁头缝隙稍宽，以避免原记录数据留在新数据的任何一侧。

3.13 记录盘

是指能作为输入/输出和存储用的盘，在规定的盘的一面或双面上能记录和存储磁性信号。

3.14 基准抹磁场

基准抹磁场是直流磁场，用基准抹磁场抹一级基准盘，其可抹性应为5%。

3.15 基准磁场

一级基准盘的典型磁场定义为基准磁场，一级基准盘有两个基准磁场，每个面一个。

3.16 二级基准软磁盘

性能已知并标明了与一级基准软磁盘对应关系的软磁盘。

注：在 PTB 建立一级基准盘之后，可从 PTB 买到二级基准盘。目前东芝公司可提供二级基准软磁盘，编号为 TRD-301。

二级基准软磁盘的用途是进一步校准、制作日常用的三级基准软磁盘。

3.17 快门

是指装在外壳上的一个部件，当磁盘插入驱动器时，驱动器中有使其开启露出磁头窗口的结构；从驱动器中取出软盘时，该部件自动弹回，挡住磁头窗口。

3.18 磁盘的面

驱动器轴插入的面为0面，相反的一面为1面。

3.19 标准基准幅度

标准基准幅度（SRA）是指用测试记录电流在一级基准软磁盘的基准磁道上测得的平均信号幅度。

共有四个 SRA，每个面有两个。

SRA_{1f} 为用 1F 频率在一级基准软磁盘 00 磁道上记录的平均信号幅度。

SRA_{2f} 为用 2F 频率在一级基准软磁盘 79 磁道上记录的平均信号幅度。

3.20 测试抹电流

用 1F 频率在 00 磁道上能产生基准抹磁场的 148—150% 之间的抹电流为测试抹电流。

3.21 测试记录电流

用 2F 频率在 79 磁道上能产生基准磁场的 198—202% 之间的电流为测试记录电流。

3.22 测试记录频率

测试记录频率是指单位时间内的磁通翻转数，通常以磁通翻转数/秒（ft/s）来表示，1 Hz = 2 ft/s。

3.23 透光率

软磁盘的透光率是指透过样品的光能量和照射在样品上的光能量之比。透光率通常乘上 100，则称为百分透光率（PT）。

最大允许透光率是由中等密度滤光器测量读数确定的。该滤光器是在 940 nm 波长下校准过的，透光率在 0.95—1.05% 之间。

3.24 典型磁场

典型磁场是在规定的磁道和磁通翻转密度下，在平均信号幅

度与记录磁场关系曲线中，能够产生相当于最大平均信号幅度95%的信号输出所对应的最小磁场。

4.0 一般要求

4.1 环境

4.1.1 操作环境

软磁盘的操作环境要求：

温度：10—51.5℃(50—125°F)；

湿度：20—80% 相对温度，湿球温度不超过 29℃(85°F)。

软磁盘工作之前应该在与驱动器工作环境相同的环境中最少放置 8 小时。磁盘内和磁盘表面不应该有水气。温度改变速率不应该超过每小时 20℃。

在磁盘表面任何一点上的杂散磁场，包括记录磁头集肤效应产生的磁场不应该超过 4 000 A/m (50 Oe)。

4.1.2 贮存环境

贮存中温度允许范围为 4—53℃(39—127°F)，允许的相对湿度为 8—90%。要求磁盘内或磁盘表面没有凝结水。

4.1.3 运输环境要求

包装好的软磁盘运输时，允许的温度范围为 —40—60℃(—40—140°F)，允许的相对湿度为 8—90%，要求磁盘内或磁盘表面上没有凝结水。

4.1.4 测试环境要求

软磁盘应在 23±2℃ (73±4°F) 和 40—60% RH 下放置 24 小时之后进行测试，除非另有说明。

4.2 材料要求

除非另有规定，软磁盘可以使用任何合适的材料，只要能保证标准中规定的一般性能、物理性能和磁性能的要求即可。

4.2.1 外壳

软磁盘的外壳可以用符合附录 B 要求的任何合适材料来制

造。

4.2.2 衬里

衬里材料应该能擦拭掉磁盘面上的灰尘和碎屑，而不损坏磁面。

4.2.3 盘片

盘片可以用任何合适材料制造，只要这些材料相同于双轴取向聚对苯二甲酸乙烯酯，并在双面涂以钡铁氧体磁层或与之相当的物质。

4.2.4 中心环

中心环由430号不锈钢制作，或用具有相等磁性的材料制作。

4.3 软磁盘的结构

附图 6.1、附图 6.2 和附图 6.3 标出了软磁盘主要部件的结构。其中剖面图不是设计用图，只是为提供表示与软磁盘数据交换有关的特定参数和允许误差的图。

5.0 物理性能

5.1 尺寸和允许误差

5.1.1 软磁盘

5.1.1.1 软磁盘的尺寸

软磁盘应该符合附表 6.1 中给出的尺寸。

5.1.1.2 标签

标签不应该凸起超过外壳的厚度，标签区域限定尺寸如附表 6.1 所示。

5.1.1.3 中心环

中心环尺寸应与附表 6.2 中给出的尺寸一致。

5.1.1.4 磁头窗口

磁头窗口开口尺寸应该如附图 6.1，附图 6.2 和附表 6.1 所示。

5.1.1.5 快门

快门应该符合附表 6.1 中所规定的尺寸。快门全开时最大阻力应该为 0.1kgf，快门全关时最小阻力应该为 0.02kgf。

5.1.1.6 衬里

衬里不得露出磁头窗口多于 0.2 mm (0.008 in).

5.1.1.7 写保护孔

写保护孔的位置如附图 6.2 所示. 写保护孔与一个机械开关或一个光监测器一起使用. 当写保护孔被挡住时,磁盘允许写入. 遮盖物不得超出软磁盘外表面 0.3 mm (0.012 in), 重量为 300g (10.6 oz). 挡住写保护孔时写保护孔区透光率应为 1% 或低于 1%. 透光率是用 3.10 和 3.23 中所述的光学系统测量的. 写保护孔打开时透光率应大于 75%.

5.1.1.8 识别孔

识别孔的位置如附图 6.2 所示, 这个孔是和一个机械开关或一个光监测器构成一个系统, 作用是将本标准规定的软磁盘与其它相同尺寸的软磁盘区分开.

5.1.1.9 软磁盘的方向

如附图 6.2 所示,软磁盘的右上角切去以确定磁盘的方向.

5.1.1.10 软磁盘的厚度

从磁盘的两个边缘向里 8.5 mm 的区域内, 软磁盘厚度应该如附图 6.2 所示.

用附录 G 中规定的测厚表测试软磁盘的厚度, 将磁盘插入测厚表, 在软磁盘前沿中心位置上加最大为 0.2N (0.72 ozf) 的力, 使软磁盘从零速位置开始自由通过测厚表.

5.1.1.11 磁盘的记录面

磁盘的标准记录面应如附图 6.3 所示.

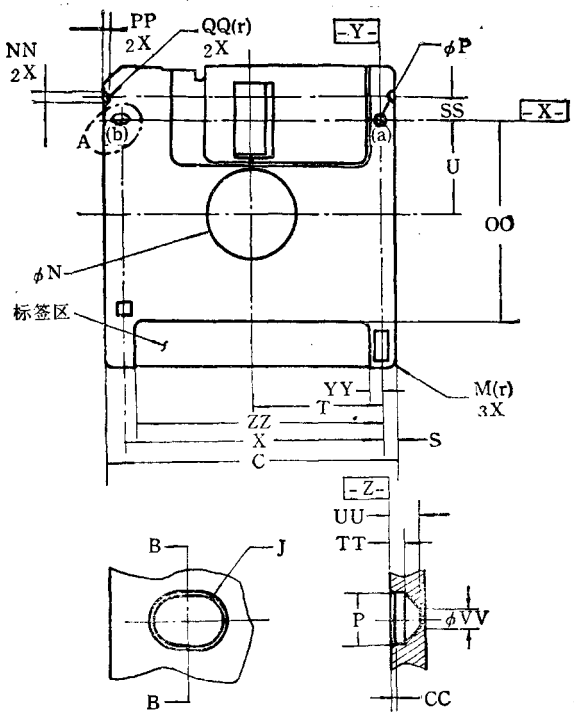
5.1.1.12 边缘的要求

软磁盘应该没有锐利的边缘和棱角 (边缘和棱角的半径如附图 6.1 所示).

5.1.1.13 基准面

软磁盘有三个基准面: 基准面-X-;-Y-和-Z-平面.

基准面-Z-应该平行于磁盘表面, 并包括附图 6.1 所示的基准孔 (a) 和基准孔 (b). 基准面-Z-由附图 6.7 所示的支撑点确定.



A放大图　B-B 剖面图：孔（a）和（b）

附图 6.1　磁盘外壳（0 面）

基准面-X-与基准面-Z-垂直，并包括基准孔（a）和最大直径销的中心。这个最大直径销将在距基准孔（a）中心 80mm 距离位置上穿过基准孔（b）。

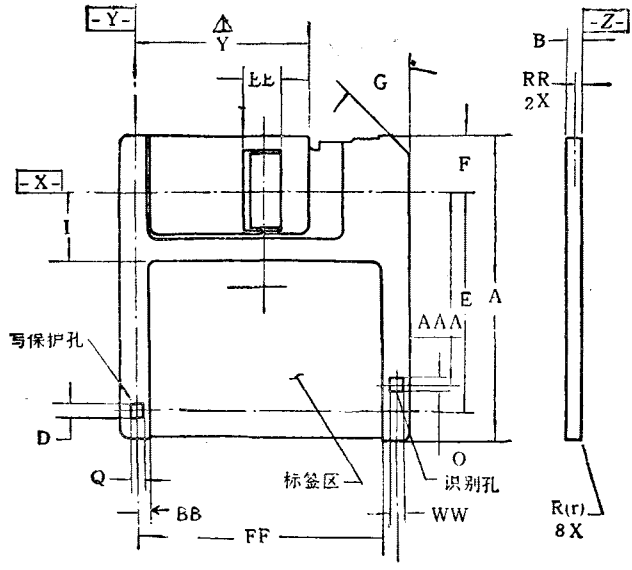
基准面-Y-既垂直于基准面-X-，也垂直于基准面-Z-，并包括基准孔（a）的中心（如附图 6.1 所示）。

5.1.2　盘片

盘片应符合附表 6.2 中给出的尺寸。

5.2　转矩

5.2.1　磁头不加载时的运行转矩



附图 6.2　磁盘外壳（1 面）

注：△当快门移到尺寸 "Y" 位置时磁头窗口开孔应不受阻.

△写保护孔的尺寸 "D" 和 "Q" 的中心是在Y轴上，距X轴为 "E" 的交点上.

△识别孔尺寸"O"和"WW"的中心是在平行于Y轴，距X轴 AAA，距Y轴为X的交点上.

磁盘以 300±3 r/min 的速度转动，在磁头不加载的情况下，使磁盘转动所需要的转矩应该在 0.0005N·m 到 0.0025N·m (0.071 ozf·in 到 0.354 ozf·in) 范围之内.

5.2.2　磁头加载运行转矩

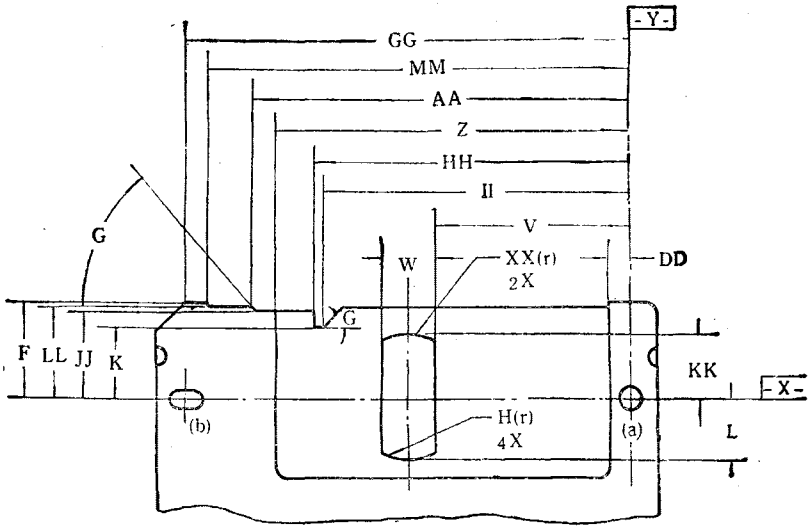
见附录 H.

5.2.3　起动转矩

磁头不加载时软磁盘的起动转矩不应该超过 0.006N·m (0.85 ozf·in).

5.3　*磁盘的物理性质*

5.3.1　线性热膨胀系数



附图 6.3 没有快门的外壳——上半部
（不是按比例绘制的）

线性热膨胀系数（最大值）应该在 9×10^{-6}—25×10^{-6} cm·cm/℃ 范围以内。

5.3.2 线性湿膨胀系数

线性湿膨胀系数最大值应该为 15×10^{-6}cm/(cm·% 相对温度)。

5.4 磁层电阻率

磁性涂层的表面电阻应该小于 $5\times10^{9}\Omega$/平方单位。按 ASTM D-257 方法测量。

5.5 可燃性

软磁盘在静止的二氧化碳气体中应该自熄。

5.6 毒性

正常使用时接触软磁盘对人体无毒害。

附表 6.1　附图 6.1,附图 6.2,附图 6.3 中的尺寸

标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
A	94.0	(3.70)	0.3	(0.012)
B	3.3	(0.13)	0.2	(0.008)
C	90.0	(3.54)	0.4/0.1	(0.016/0.004)
D	3.5	(0.137)		最小值
E	67.75	(2.667)	0.25	(0.01)
F	17.50	(0.689)	0.2	(0.008)
G	45°倒角		2°	
H	0.5典型值	(0.02)典型值		(0.004)
I	20.0	(0.787)		最小值
J	3.6±0.1×4.4±0.2 (0.142±0.004×0.173±0.008)			
K	12.5	(0.49)	0.25	(0.01)
L	11.5	(0.45)		最小值
M	2.0 典型值	(0.08)典型值	1.0	(0.04)
N	26.50 直径	(1.043直径)		最小值
O	3.5	(0.138)		最小值
P	3.6	(0.142)	0.1	(0.004)
Q	4.0	(0.157)		最小值
R	0.4 典型值	(0.015) 典型值	0.25	(0.01)
S	5.0	(0.20)	0.2	(0.008)
T	40.00	(1.575)	0.15	(0.006)
U	31.00	(1.220)	0.15	(0.006)
V	35.50	(1.400)	0.2	(0.008)
W	9.00	(0.354)	0.2	(0.008)
X	80.00	(3.150)	0.2	(0.008)
Y	53.75	(2.116)	1.25	(0.050)
Z	64.5	(2.54)	0.35	(0.014)
AA	68.0	(2.68)	0.3	(0.012)
BB	3.5	(0.138)		最小值
CC	0.2 倒角	(0.01)倒角	0.1	(0.004)
DD	3.5	(0.138)		最小值
EE	12.0	(0.472)	0.2	(0.008)
FF	76.5	(3.012)		最大值
GG	80.0	(3.15)	0.2	(0.008)

续附表 6.1

标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
HH	57.0	(2.24)	0.35	(0.014)
II	55.5	(2.18)	0.6	(0.025)
JJ	15.5	(0.61)	0.25	(0.010)
KK	12.3	(0.485)		最小值
LL	17.00	(0.669)	0.15	(0.006)
MM	76.0	(2.99)	0.3	(0.012)
NN**	4.2	(0.165)	0.2	(0.008)
OO	60.0	(2.36)		最小值
PP**	3.0	(0.118)		最小值
QQ**	FULL		0.2	(0.008)
RR**	2.0	(0.079)		
SS**	7.5	(0.295)	0.15	(0.006)
TT	1.0	(0.039)		最小值
UU	2.5	(0.098)		最小值
VV	1.5	(0.059)		最小值
WW	4.0	(0.157)		最小值
XX	8.85	(0.348)		最小值
YY	3.5	(0.138)		最小值
ZZ	76.5	(3.012)		最大值
AAA	62.25	(2.451)	0.25	(0.010)

**表示可选择的数据.

6.0 测试磁道的要求

6.1 磁道和记录信息

6.1.1 磁道的几何形状

6.1.1.1 磁道数

磁盘的每个面上应该有 80 条相互分开的同心圆磁道.相邻磁道中心线间的距离应该为 0.1875 mm (0.00738 in)。磁道密度为 5.3 t/mm(135.467 tpi)。

6.1.1.2 磁道宽度

磁盘表面上记录磁道的宽度应该为 0.120mm (0.0047in)，磁道间的区域应该抹除干净。

6.1.1.3 磁道位置

6.1.1.3.1 标称位置

所有磁道中心线的标称半径应该用以下公式计算：

$$R = (x - 0.1875\ n)\text{mm} \text{ 或}$$

$$R = (x - 7.3818 \times 10 - 3n)\ \text{in}$$

这里 0 面 $x = 39.5$ mm (1.551 in)

1 面 $x = 38.00$ mm(1.4961 in)

n = 磁道数

6.1.1.3.2 磁道位置允许公差

在测试环境下，磁道中心线的允许误差在 ±0.020 mm (±0.0008 in) 以内。

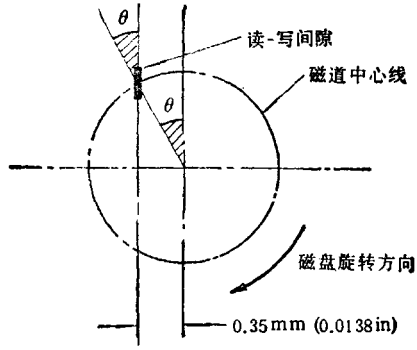
6.1.1.3.3 记录偏差角度

在记录磁通翻转的瞬间，翻转角度为：

$$\theta = \arcsin \frac{0.35}{x - 0.1875n} \pm 0°9'$$

这里 $x = 39.5$ mm (0 面)，和 $x = 38.0$ mm (1 面)。

n = 磁道数



6.1.1.4 磁道的标识

磁道的标识应该为两位十进制数字，以最外磁道 (00) 开始

按顺序向内排列。

7.0 磁性能

7.1 记录表面的磁性能

记录表面的磁性应该按下面给定的两个记录表面（0面和1面）的测试要求来确定。

7.1.1 测试条件

磁盘应在 300±3r/min 下测试。测试记录频率应为：

$$1f = 500\,000\ ft/s + 500\ ft/s$$

$$2f = 1\,000\,000\ ft/s + 1\,000\ ft/s$$

每项测试规定使用的测试记录频率。

测试使用预抹和读/写组合磁头。写入新数据时，原有的数据应该同时被抹磁头抹掉，除非另有规定。

7.1.2 典型磁场的允许偏差

测试磁盘的典型磁场应该用 2f 频率在 79 磁道上测得。

7.1.3 平均信号幅度

用二级基准软磁盘校准测试系统，确定测试记录电流。软磁盘 00 磁道上 1f 信号的平均输出幅度应不大于标准基准幅度的 130%。

用 2f 频率在 79 磁道上记录，测量读出平均信号幅度不应该低于标准基准幅度的 80%。

7.1.4 分辨率

在最内磁道上，2f 平均信号幅度与 1f 平均信号幅度之比应该大于一级基准母盘相应比值的 80%。

在最外磁道上，2f 平均信号幅度与 1f 平均信号幅度的比值应小于一级基准母盘的相应比值的 120%。

记录电流应采用测试记录电流。

7.1.5 可抹性

将软磁盘在测试条件下用交流抹除。用测试记录电流在 00 磁道上写一周，然后关闭掉读/写磁头，用测试抹电流抹一周，软磁

盘的可抹性为：

$$\frac{\text{抹后 1f 残余平均信号幅度}}{\text{原1f 信号平均幅度}}$$

应小于3%。 这一测试应在磁盘的两个面上进行，使用 1kHz 到 5kHz 量程的选频电压表。

7.1.6 调制

磁道上最高幅度 5ms 区测量的平均峰-峰幅度，不应该超过该磁道平均峰-峰幅度的 110%.00 磁道上调制应以 1f 频率记录，最内磁道上调制应以 2f 频率记录测量。

7.1.7 峰值位移

用附录E规定的方法在测试条件下测试软磁盘的峰值位移，软磁盘的峰值位移应该小于一级基准软磁盘峰值位移的 ±37%。

测试还可按与附录E相同的方法进行。

7.2 信号质量

7.2.1 漏码

使用 2f 测试记录频率和测试记录电流测试软磁盘，任何基-峰电压值低于测试磁道上平均基-峰信号幅度 45% 的磁通翻转视为漏码。

7.2.2 冒码

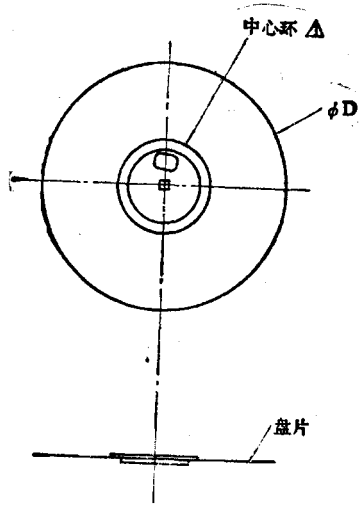
在读/写磁头上加上相当于测试记录电流静态值的直流，并在抹磁头上加上测试抹电流，读/写磁头产生的磁场的极性应该和抹磁头产生磁场的极性相同。用直流抹一周，测试软磁盘在磁道上残余信号幅度基峰值，任何大于磁道 2f 信号平均基-峰值 20% 的峰值脉冲视为冒码。

7.2.3 有缺陷磁道

存在漏码和冒码的磁道为有缺陷磁道。

7.2.4 有缺陷磁道的允许标准

允许存在的有缺陷磁道数，在本标准中不做规定，由双方商定。



附图 6.4　1 面正视图
注：△详图见附图 6.5.

附录 A　磨损评价

A1.　磨损性

是指导致读/写磁头磨损的特性．磁盘不应该造成读/写磁头的过度磨损．磁头允许的磨损程度及测量方法由所涉及的单位之间商定．

A2.　对比盘

定期检查读/写磁头，确定读/写磁头寿命的盘．不得用对比盘来进行磨损次数试验．

A3.　磨损测试盘

进行累积磨损次数试验的软磁盘．磨损测试盘双面都应该与读/写磁头接触．

A4.　磨损次数

磁头正常加载在软磁盘上，磨损要测试的软磁盘一周，称为磨损一次．

附表 6.2

附图 6.4 中的数据

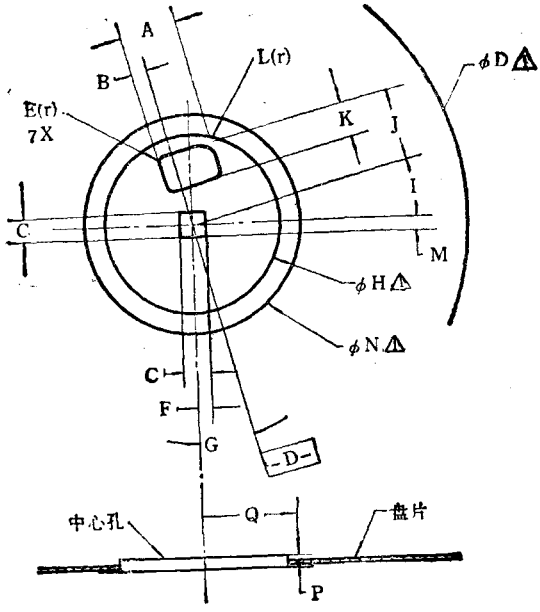
标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
	85.80	(3.378)	0.2	(0.008)

附图 6.5 中的数据

标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
A	8.00	(0.315)	0.3	(0.012)
B	2.00	(0.079)	0.2	(0.008)
C	4.00	(0.1575)	最小值	
D	85.80	(3.378)	0.2	(0.008)
E	1.0	(0.04)	0.3	(0.012)
F	1.9955	(0.07856)	基本直径	
G	15°		基本直径	
H	25.0	(0.984)	0.0/0.15	(0.0/0.006)
I	15°		3°	(0.006)
J	10.00	(0.394)	0.15	
K	4.5	(0.177)	最小值	
L	2.0	(0.08)	0.1	(0.004)
M	1.9955	(0.07856)	基本直径	
N	31.15	(1.2264)	最大值	
P	1.36	(0.054)	0.1	(0.004)
Q	14.0	(0.55)	0.5	(0.02)

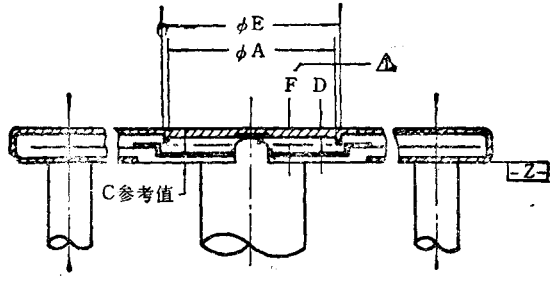
A5. 磨损评价方法

用进行了磨损试验的磁头在对比盘最内磁道的中心线上写入任一花码。使读/写磁头的读/写半径偏开磁道中心线 ±0.045mm (±0.0018in) 应该能读出数据。如果在上述位置连续十周不正确读出数据，则读/写磁头寿命已经结束。磨损评价应该在三个磁盘表面上进行，即在 240 条磁道上均匀进行磨损次数试验，以评价软磁盘的磨损性。



附图 6.5　中心环详图

注：⚠盘片的几何中心点由基本尺寸"F"和"M"确定。



附图 6.6　磁盘操作平面

注：⚠到轴接触面尺寸

附录 B　软磁盘一致性测试和测量表

B 1. 该项测试的目的是确定软磁盘在驱动器内是否能保持合适的操作平面。这一测试是在指定的基准区域支撑住软磁盘并对支点施加相反方向的力实现的。

B 2. 基准区域为附图 7 中 *a* — *d* 字母规定位置。这些区域确定了软磁盘的支撑平面。

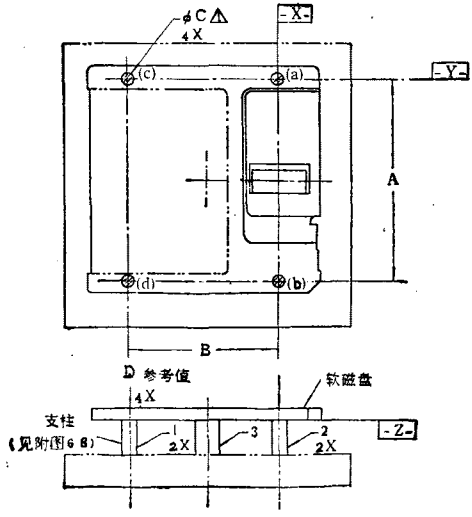
B 3. 加到这些区域 *a* — *d* 每一点的力为 0.065kgf(2.30 ozf)

B 4. 位于 *E* 点的中心环的轴超出支撑平面 2.13 mm (0.084 in)，如附图 6.5 所示。

B 5. 当软磁盘按此方法固定时，磁盘将与Z平面中 5 个支点全部接触。

附录C　粗　糙　度

磁层表面的粗糙度应为 30×10^{-6} mm (1.18×10^{-6} in)*A. A.*



附图 6.7　基准平面

注：⚠斜划线区表示接触区域。

附表 6.3

附图 6.6中的尺寸

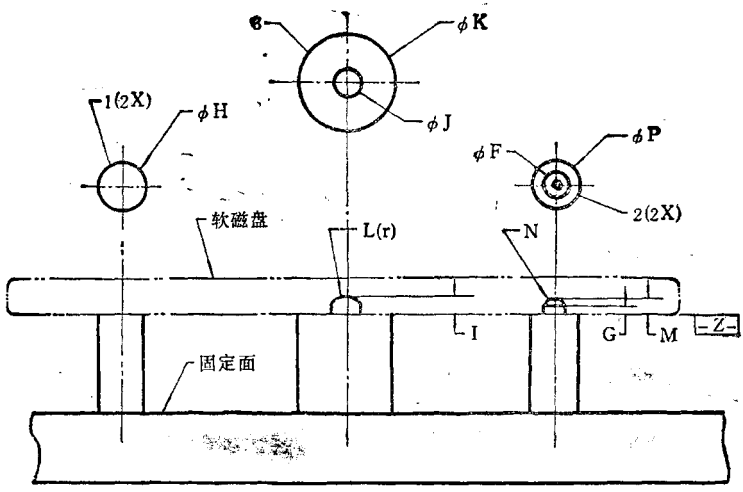
标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
A	21.7	(0.854)	最小值	
B	0.3	(0.012)	参考直径	
C	1.3	(0.051)	0.1	(0.004)
D	22.7	(0.894)	最大值	
E	2.5	(0.098)	最大值	

附图 6.7中的尺寸

标号	尺寸		允许误差	
	mm	in	mm	in
A	80.00	(3.15)	0.2	(0.008)
B	56.80	(2.14)	0.2	(0.008)
C	5.00	(0.197)	基本直径	
D	65g	(2.3oz)	参考直径	

附表 6.4 附图 6.8 中数据

标号	尺寸		允许误差±	
	mm	in	mm	in
F	3.0	(0.118)	0.01	(0.0004)
G	1.0	(0.040)	最大值	
H	6.0	(0.236)	0.01	(0.0004)
I	2.20	(0.086)	0.03/0.0	(0.001/0.0)
J	3.991	(0.157)	最大值	
K	12.7	(0.500)	0.01	(0.0004)
L	2.8	(0.110)	0.05	(0.002)
	球面半径			
M	2.0	(0.080)	最大值	
N	45°		1°	
P	6.0	(0.236)	0.01	(0.0004)



附图 6.8　支撑详图

最大值，用 0.8 mm 断面测量。

附录D　耐　磨　性

磁盘的耐磨性应该按 5.2.2 段给出的速度和加载条件在最外磁道上测量。应使用双方同意的磁头组件结构将磁头加载在磁盘上。测试应在 23±2℃(73±4°F) 下和 40—60%RH 下进行。当 2f 信号幅度减少为原记录信号平均幅度的 25% 时测试终止。最小耐磨次数应由涉及的单位间商定。

附录E　峰值位移测量

E1. 测量条件

E 1.1　写入的数据花码

DB6（连续的 110110……），做为确定峰值位移的花码。

E 1.2 测试的磁道

测试磁道是在每面的 79 磁道上。

E 1.3 测试方法

软磁盘测试之前要进行消磁，记录和读出要在同一台驱动器上进行。

E 1.4 取样方法

应使用能提供 5ns 时间间隔的或更小时间间隔分辨率的设备。

E 1.4.1 数据记录区是从索引到索引。(指的是索引前沿)。

E 1.4.2 取样区是索引到索引之间的区域，不包括有个索引后的第 1ms 区。

E 1.4.3 最好的取样方法是测量数据中的每个 T' 间隔。如果计数器的取样速度限制了每个 T' 的测量，那么应该取较少的 T' 测量值使用随机取样。

E 1.4.4 随机取样的最小数值应为 1 000。

E2. 定义

$$\text{峰值位移} = \frac{T' - T}{2}$$

这里：T' — 读出波形峰值的平均周期。

T — 2F 花码 (1ms) 峰的周期。

测试条件下的峰值位移以百分数表示，应该为

$$\frac{P_t - P_r}{P_t} \times K \times 100$$

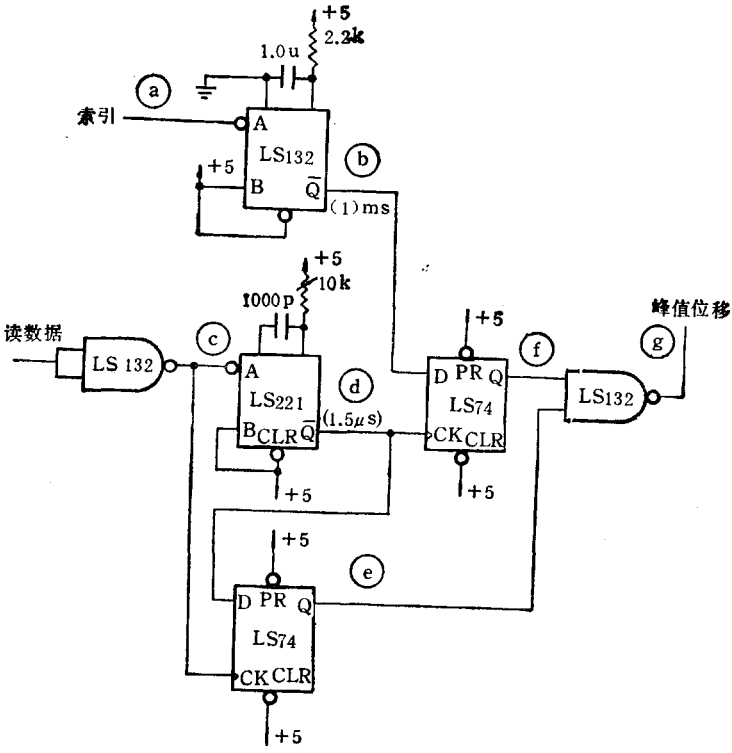
这里：P_t — 测试盘的峰值位移值。

P_r — 二级基准软磁盘的峰值位移值。

K — 二级基准软磁盘的校准系数。

E.3 测试电路

附图 6.9 为采用的电路。



附图 6.9 峰值位移测试电路

附图 6.10 给出了附图 6.9 的定时图。

波形 a 描述了驱动器的索引脉冲，波形 b 为 1 ms 单脉冲的输出。其作用是防止写电流断路时采样。

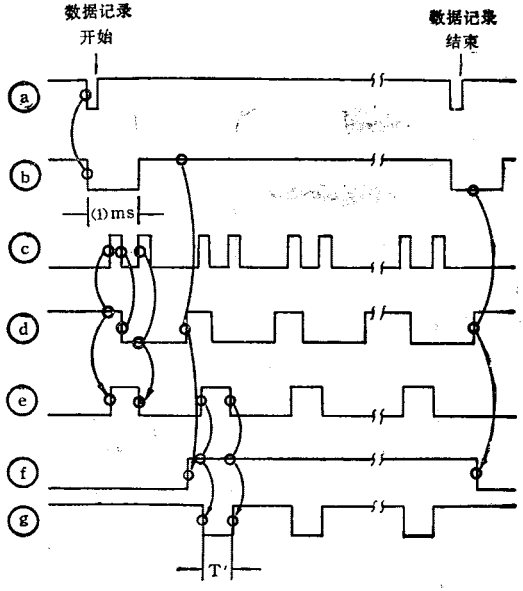
波形 c 表示 6DB 读出花码。

波形 d 为可触发单稳在 1.5 ms 周期内的输出。这一输出与第一读出数据脉冲的负翻转低电平重合。如果第二读出数据脉冲在 15ms 内出现，那么单稳触发周期为 1.5 ms。

波形 e 描述了"D"型触发器的输出，它是在第二数据脉冲的前沿被触发的，除非 1.5 ms 单稳具有时间偏差。触发器的时间周

期是由相邻位单元间的时间来决定的，由此来确定 T.

波形 f 是另一个“D”型触发器的输出，其作用是控制采样，然后确定采样周期.



附图 6.10

附录F 索引脉冲

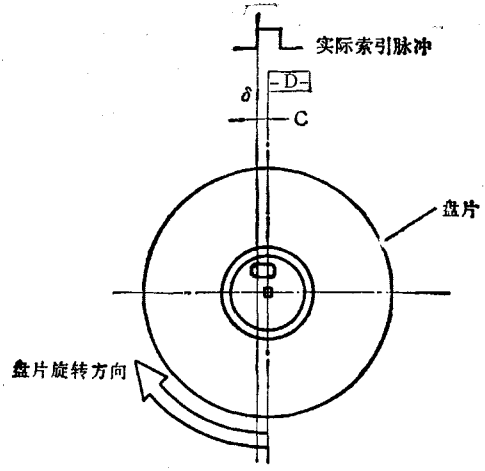
见附图 6.11.

附录G 落通规

G1. 应使用附图 6.12 所示的量器.

G2. 量器可以用任何黑色或有色金属材料做成，这种材料在正常使用中不磨损并可以足够稳定地维持规定的公差和光洁度. 量器的内表面光洁度为 5μm(200 μin) 峰-峰值.

构成尺寸“D”的四个表面必须在两个平面内，这两个平面相互平行，公差在 0.05 mm (0.002 in) 以内.



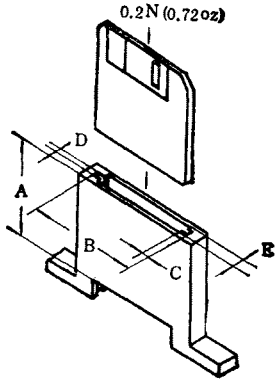
1 面视图

附图 6.11

注：△基准面—D—在附图 6.5 中限定.

△当线—δ—平行于基准面—D—，并与基准面距离为"C"时，出现索引脉冲，并通过读/写间隙.

图中C为 0.35 mm (0.0138 in)，无允许误差.



附图 6.12

果粉藏書

G3. 尺寸应为

A = 96.0mm(3.78 in) 最小。

B = 91.0±0.1 mm (3.58±0.0039 in).

C = 8.5±0.25 mm (0.335±0.0098 in).

D = 3.8±0.01 mm(0.15±0.00039 in).

E = 1.2±0.01 mm (0.165±0.00039 in).

附录 H　磁头加载运行转矩

磁头加载的运行转矩合格是数据交换的重要保证，通常所用的检验测试方法目前不可行，新方法正在研究中。

英文缩写词、单位中英文对照表

bpi bit per inch 位记录密度单位 位/英寸
BaFe Barium Ferrite 钡铁氧体
DD double density 倍密度
DI Drop In 冒码
DO Drop Out 漏码
DOS Disk Operating System 磁盘操作系统
DS Double Side 单面
FD Floppy Disk 软磁盘
FDA Floppy Disk Analyser 软磁盘分析仪
FM Frequency Modulation 调制频率
ft flux transition 磁通翻转
HD High Density 高密度
Kb Kilo bit 千位
KB Kilo Byte 千字节
Mb Mega bit 兆位
MB Mega Byte 兆字节
MFD Micro Floppy Disk 微型软磁盘
MFM Modified Frequency Modulation 改进调频制
MOD Modulation 调制
MP Metal Particle 金属磁粉
OEM Original Equipment Manufacturer 原始设备制造商
OVR Overwrite 重写
RES Resolution 分辨率
SA Signal Amplitude 信号幅度
SD Single Density 单密度
SRA Standard Reference Amplitude 标准基准幅度
SS Single Side 单面
TAA Track Average Amplitude 磁道平均幅度
tpi track per inch 磁道密度单位，道/英寸

参 考 文 献

[1] C. D. Mee and E. D.Daniel, Magnetic Recording, McGraw-Hill Book Co., 1988.

[2] 刘文伯、董承举，数字磁记录介质，科学出版社，1987.

[3] Liu Wenbo,et al.,Analysis of the Property of the Floppy Disk Using Signal Amplitude Envelope and Ladder-Like Curve, *IEEE Trans. Magnetics MAG*-26, No. 1, 129 (1990).

[4] Liu Wenbo, et al., The Effect of the Properties of Gamma-Fe_2O_3 on the Performance of Flexible Disks, *IEEE Trans. Magnetics MAG*-21, No. 5, 1503 (1985).

[5] C.H. Lin et al., Hydrothermal Processings to Produce Magnetic Particulates,*IEEE Trans. Magnetics MAG*-26,No. 1, 15 (1990).

[6] 周希瑾，九十年代软磁盘的发展预测，电子材料与电子技术，No. 1, 1990.

[7] K. J. Kim,et. al.,Magnetic Media Durability: A System's Approach, *IEEE Trans. Magnetics MAG*-26, No. 1 159(1990).

[8] P. Gornert et. al., Structural and Magnetic Properties of $BaFe_{12-2x}Co_xTi_xO_{19}$ Powders Prepared by the Crystallization Method, *IEEE, Trans. Magnetics MAG*-26, No. 1, 12 (1990).

[9] G. Bate, Magnetic Recording Materials, in Ferromagnetic Materials Edited by E. P. Wohlfarth, Amsterdam, North Holland Pub. Co., 1980.

[10] International Standard, ISO/IEC, 9529-1, Information Processing Systems -Data Interchange on 90mm (3.5 in) flexible disk cartridges using modified frequency modulation recording at 15916 ftprad, on 80 tracks on each side-Part 1: Dimensional, Physical and magnetic characteristics.

[11] H. J. Schroeder and H. Harcken,A Guideline for Users of RM 9529, The Reference Material for 90 mm (3.5 in) Flexible Disk Cartridges with a Capacity (unformatted) of 2MByte, Physikalisch Technische Bundesanstalt PTB-Bericht. (1988).

[12] J. H. Hartke and Lennox, Sensitivity of Extra Bit Error to Test Drive.

[13] J. L Hartke, Noice Important for 2MB Diskette.

[14] J. L Hartke,2MB Diskette Need Special Tests for Quality Control.

(文献 [12],[13] 和 [14] 由美国 Media Logic 公司提供).

ISBN 7-03-002464-8

TP·183

定　　价：　6.8

科技新书目：　254